

東京大学大学院新領域創成科学研究科  
社会文化環境学専攻

2021 年度  
修 士 論 文

大空間における衝立を用いた  
音環境の局所化に関する研究

A study on localization of sound environment using partitions  
in a large space

2021 年 7 月 9 日提出

指導教員 佐久間 哲哉 教授

中津 成博

Nakatsu, Naruhiro



# 目次

<b>第1章 序章</b> .....	1
1.1 研究背景.....	1
1.2 関連の既往研究.....	2
1.3 研究目的.....	3
1.4 論文の構成.....	4
<b>第2章 大空間の衝立を用いた局所化による遮音性能に関する数値解析</b> .....	5
2.1 はじめに.....	5
2.1.1 解析手法 .....	5
2.1.2 解析モデル .....	6
2.1.3 解析条件 .....	6
2.1.4 評価方法 .....	9
2.2 解析結果・考察.....	11
2.2.1 衝立配置に関する検討 .....	11
2.2.2 衝立形状に関する検討 .....	13
2.2.3 受音点高さの違いに関する検討 .....	22
2.2.4 吸音位置の違いに関する検討 .....	30
2.3 まとめ.....	35
<b>第3章 大空間の衝立を用いた局所化による遮音性能に関する実験的検討</b> .....	36
3.1 はじめに.....	36
3.2 測定概要.....	36
3.3 測定結果・考察.....	45
3.3.1 配置に関する検討 .....	45
3.3.2 形状に関する検討 .....	46
3.3.3 測定点高さ 1.2m における検討 .....	49
3.4 測定結果と解析結果の比較 .....	52
3.5 まとめ.....	57
<b>第4章 大空間の衝立を用いた局所化による室内音響特性に関する実験的検討</b> ....	58
4.1 はじめに.....	58
4.2 測定概要.....	58
4.3 室内音響指標.....	63

4.4 測定結果・考察.....	67
4.4.1 配置に関する検討 .....	67
4.4.2 形状に関する検討 .....	69
4.5 まとめ.....	77
<b>第5章 総括.....</b>	<b>78</b>
5.1 本研究のまとめ.....	78
5.2 今後の課題.....	79

参考文献

謝辞

発表論文一覧

付録 A

付録 B

付録 C

付録 D

# 第1章

## 序章

### 1.1 研究背景

イベント施設、複合施設、旅客施設などの大空間では、衝立を用いて大空間を区切ることによってブース状の空間(以下、局所空間)を設けている例が多く見られ、打ち合わせや休憩スペース、または展示スペースなどの用途で使用されている(Fig.1-1)。前述の大空間では、室容積が大きく反射性の材料が多く使われていることで、残響が長く、喧騒感が大きいという音環境の問題がある<sup>[1][2]</sup>。一方、衝立を用いて空間を局所化することで、大空間に比べ、衝立による遮音や局所空間内での残響抑制、明瞭性の向上などによって快適な音環境を作ることができると予想される。ここで述べている快適な音環境とは会話がしやすいことや局所空間外からの音が低減され静かな空間であることとする。

屋外空間を対象とした防音扉などの障壁の遮音性能に関する実測や数値解析は多く行われている。しかし、衝立自体の遮音・吸音性能に関する実測や数値解析は少なく、屋内空間において、局所化した際の遮音性能の測定例や数値解析例は少ない。また、局所空間内の音響特性に関して検討した例はみられない。そのため、局所化による音環境の性状は未解明な部分が多い。



Fig.1-1 局所空間の使用例

## 1.2 関連の既往研究

衝立を設置した際、音環境に対する影響に関する既往研究、報告について説明する。

衝立に関する既往研究は、屋外空間を対象とし、防音塀等の遮音性能を研究した例が多い<sup>[3]-[6]</sup>。一方、屋内空間に衝立を設置した際の音響的な検討を行っている研究例は少ない。以下に、屋内空間を対象とした既往研究についての詳細を述べる。

鈴木らは、オフィスにおいて吸音性のローパーティションを用いてコの字状のブースを作り、ブース空間内外での騒音レベルを測定することでローパーティションの吸音性の効果について検討している<sup>[7]</sup>。結果として、一般的なローパーティションに比べ、吸音性のローパーティションではブース内において、500Hz で約 6dB(A)、1000Hz で 6～7dB(A) の低下を示している。一方で、ブース外部では約 3dB の低下することを示し、衝立の吸音性の効果を確認している。

星らは、薬局におけるカウンターに設置された衝立の遮音効果について、波動音響数値解析シミュレーションを用いて検討している。話者と聴取者の左右に設置した衝立の影響や衝立の高さや幅を変化させた際の影響について行っている<sup>[8]</sup>。結果として、話者と聴取者の左右に設置した衝立を吸音性とすることで遮音効果を得られる。衝立の高さを変化させた場合、吸音処理をしなければ遮音効果がないことを示している。また、幅を変化させた場合、話者より前方に長くすることで遮音効果を得られることを示している。

漆戸らは、小空間を対象とし、室内の吸音条件やパーティションの形状等の境界条件を変化させた際のパーティションの遮音性能について境界要素法を用いて検討している<sup>[9]</sup>。結果として、室内の吸音条件、パーティションの形状が遮音性能に大きく影響することを示している。また、パーティション表面の吸音処理を音源側の方が有効であることも示している。

前述の既往研究では、オフィスや薬局など小規模な空間を対象として行われている。そのため、イベント施設や複合施設などの大空間のように、あらゆる方向から音が到来する拡散音が支配的である空間を対象として検討されている例は見られず未解明である。また、衝立の遮音性能について着目している研究が多く、衝立で囲われた局所空間内における残響感や明瞭性等の音響特性に着目した研究はほとんど行われていない。

### 1.3 研究目的

以上の状況を踏まえ、本研究は大空間を対象とし局所化による音環境の性状把握を目的とする。性状把握の内容としては、局所空間外からの音に対する遮音性能と局所空間内の残響感や明瞭性などの室内音響特性の二つの観点である。遮音性能の検討では、波動音響シミュレーションを用いた数値解析、実空間における実測によって行う。また、局所空間内の室内音響特性に関する検討では、実空間でのインパルス応答測定によって検討する。

研究の位置づけとしては、大空間において衝立を用いて局所化した空間の性能や現象把握を行っていく上での基礎的研究であると考ええる。音環境の局所化の性能や現象把握ができることで、局所空間を設置する際により快適な音環境を作る指針の一部になると考えられる。

## 1.4 論文の構成

第1章では、研究の背景、関連の既往研究について概観し、本研究の目的や位置づけについて述べる。

第2章では、波動音響シミュレーションを用いた数値解析によって、局所化による遮音性能について衝立の配置や形状、吸音性などを変化させたときの影響を検討する。

第3章では、実空間での音圧レベル測定を通して、局所化による遮音性能について衝立の配置や形状、吸音性などを変化させたときの影響を検討する。

第4章では、実空間でのインパルス応答測定を通して、局所化による室内音響特性の変化について衝立の配置や形状、吸音性などを変化させたときの影響を検討する。

第5章では、本研究で得られた成果を整理して総括とし、今後の課題について述べる。

## 第 2 章

# 大空間の衝立を用いた局所化による遮音性能に関する数値解析

### 2.1 はじめに

大空間に衝立を用いて作られた局所空間の音環境を構成する要素は、衝立を設置する空間側の要素と局所空間側の要素に大別できると考えられる。

- 設置環境の要素
  - ・設置空間の大きさ
  - ・設置空間の吸音条件
  - ・周りのうるささ
- 局所空間側の要素
  - ・衝立の配置位置
  - ・衝立の配置形状
  - ・衝立の吸音性

本研究では、後者の局所空間側の要素に着目し、衝立の配置位置や形状、吸音性について検討を行う。

#### 2.1.1 解析手法

音響数値解析は、幾何音響解析と波動音響解析に大別される。幾何音響解析は音の波動性を無視した伝搬を幾何学的に追跡するエネルギー論上の手法である。一方で、波動音響解析は波動方程式や基礎方程式を離散化し、音の波動的な伝搬を予測する手法である。波動音響解析は、周波数領域解法と時間領域解法に二分され、前者は有限要素法(FEM)と境界要素法(BEM)、後者は時間領域有限差分法(FDTD)が広く用いられている<sup>[10]</sup>。本研究では衝立の回折や干渉などの波動性を考慮し、周波数領域において数値解析によって検討を

行うため、波動音響解析である BEM に対して高速多重極アルゴリズムを適用した高速多重極境界要素(FMBEM)<sup>[11]</sup>を用いる。また、BEM は他の波動音響解析の手法と比べ開空間を得意とすることも選定理由である<sup>[12]</sup>。尚、本解析では、FMBEM の汎用ソフトウェアであるサイバネットシステム株式会社の WAON を使用した。

## 2.1.2 解析モデル

大空間全体をモデル化し解析することは困難である。そのため、地表面が剛な無限平面上の半自由空間において衝立を設置し局所空間としている。衝立は厚みのない薄層境界で四角形一定要素を用いる。四角形一定要素の要素寸法は解析周波数の波長の 1/6 以下となるように設定した。

音源は十分遠方の点音源から平面波が到来する状況を想定し十分遠方に設定し、受信点は局所空間内の中心軸上に設定した。

実際の解析では音源・受信点の二点間の伝達特性は入れ替えても同じであるという相反則性に基づき、音源と受信点を置き換えて解析を行っている。相反則性を用いたことで一度の解析で複数の音源からの寄与を解析することができるため、効率的に解析を行うことができる。本研究で解析を行ったモデルを Fig.2-1 に示す。

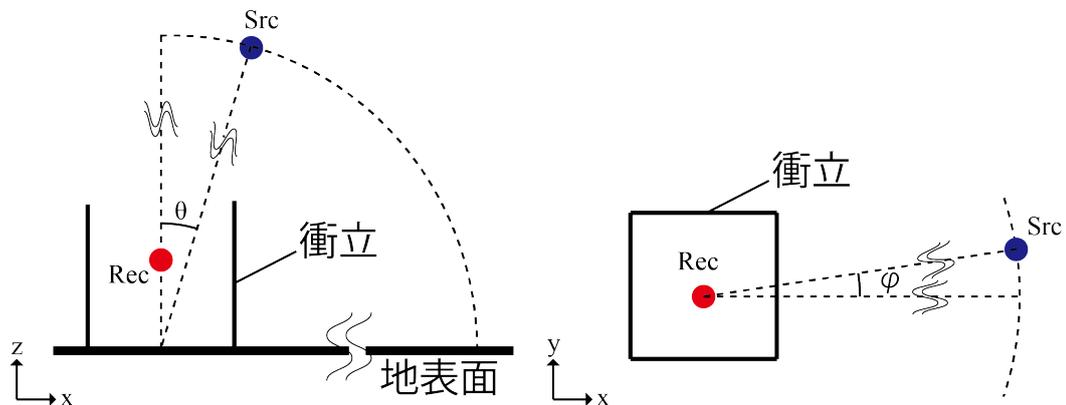


Fig.2-1 解析モデル(左：断面図，右：平面図)

## 2.1.3 解析条件

### 衝立の幅・高さ

衝立の幅は一般的に使用されている大きさを参考にし、幅が 0.9m、高さ 2.4m の衝立を想定し、複数枚並べることで 2.7m または 5.4m 四方の局所空間を構成する。

## 衝立の吸音性

衝立自体の構成要素として重さや剛性，吸音性などが挙げられる。本研究では衝立の吸音性のみに着目した。衝立の内面にインピーダンス境界を設定することで吸音率( $\alpha$ )を与え吸音性とした。衝立の内面に与える吸音率は全周波数帯域で一定とし，完全反射の  $\alpha=0.0$ ，吸音性として低吸音の  $\alpha=0.2$  と高吸音の  $\alpha=0.8$  の3条件である。また，衝立の上部(1.2m以上)，下部(1.2m以下)のみに吸音率を与える条件も行った。

## 衝立の配置

大空間に対して衝立の配置は，様々な配置が考えられる。しかし，すべての配置を検討することは困難である。本研究では，実空間で比較的配置されることが多いと考える中央と壁際，隅部の3条件とした (Fig.2-2)。なお，壁際・隅部条件は床面に垂直な無限大剛壁を想定し，床面を加えた2面または3面对象の音場とした。

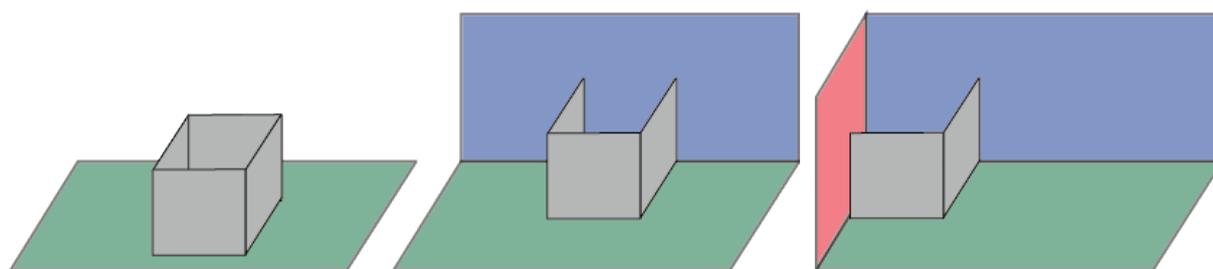


Fig.2-2 衝立配置(左：中央，中央：壁際，右：隅部)

## 衝立の形状

局所化するための衝立設置の仕方(以下、形状とする)についても様々な形状が考えられる。数多ある形状の中で，本研究では以下の3条件に着目して形状を選定した。解析を行った各形状の平面図を Fig.2-3 に示す。

条件1：受音点を囲む面数

条件2：全閉時の開口部の有無

条件3：局所空間の大きさ(局所空間の一辺の幅の変化)

配置	中央	壁際	隅部
条件1	 二の字      L字	 一の字      二の字	 一の字      L字
条件2	 口の字_開口	 コの字_開口	 L字_開口
条件3	 口の字(大)		

Fig.2-3 衝立形状

### 音源・受音点の位置

音源位置(平面波の入射方向)は鉛直方向  $\theta = 0.5 \sim 89.5^\circ$ , 水平方向  $\varphi = 0.5 \sim 359.5^\circ$  ( $1^\circ$  間隔) の 32,400 方向とした(Fig.2-4)。受音点位置は局所空間の中心軸上に高さ 0m (床面上) および 1.2 m(着席時の耳の高さ)の 2 条件とした(Fig.2-5)。

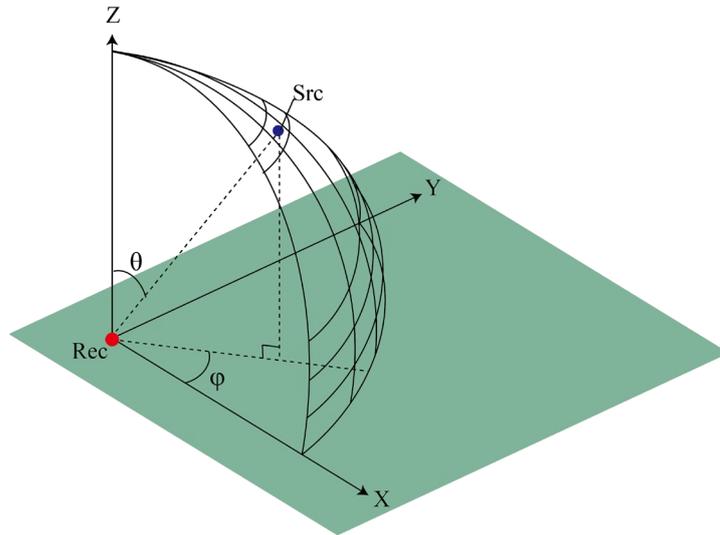


Fig.2-4 音源位置

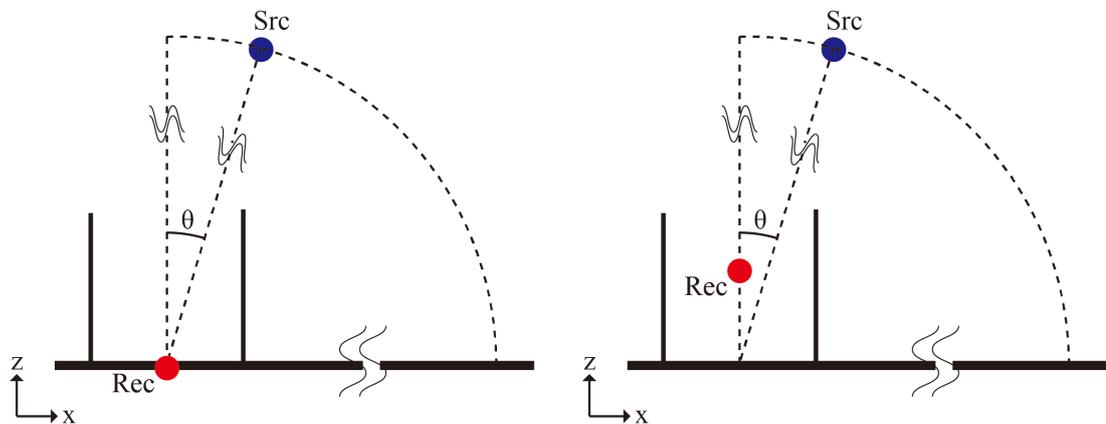


Fig.2-5 受音点高さ(左: 0.0m, 右: 1.2m)

### 解析周波数・要素数

解析周波数は 1/24 オクターブ刻みで 111Hz(1/3 オクターブバンドの 125Hz 帯域の下限周波数)から 2245Hz(1/3 オクターブバンドの 2000Hz 帯域の上限周波数)までとした。上記の値より帯域ごとの 1/3 オクターブバンド音圧レベルを算出している。

上記で述べた解析周波数のすべてを満たすように解析モデルの要素数を決定すると最も大きい周波数の波長に対して 1/6 とする必要があり計算効率が悪い。そのため、計算効率を考え、各 1/3 オクターブバンド帯域の上限周波数を満たすように帯域ごとに要素数を変えて解析を行った。対象としている対象の周波数帯域と要素寸法を以下の Table.2-1 に示す。また、また各衝立形状における要素数を Table.2-2 に示す。

Table.2-1 計算条件

周波数帯域 [Hz]	要素寸法 [m]
125, 250	0.1
500	0.05
1000, 2000	0.02

Table.2-2 要素数

配置	形状	帯域		
		125,250	500	1000,2000
中央	二の字	299	1222	7973
	L字	1196	4982	31892
	コの字	897	3713	23919
	口の字	598	2444	15946
	口の字_開口	2376	9504	59400
	口の字(大)	1196	4982	31892
壁際	一の字	299	1222	7973
	二の字	598	2491	15946
	L字	1196	4982	31892
	コの字	897	3713	23919
	コの字_開口	1728	6912	43200
隅部	一の字	648	2592	16200
	L字	1196	4982	31892
	L字_開口	1080	4320	27000

## 2.1.4 評価方法

衝立を設置した際の遮音性能の評価として、衝立の有無による音圧レベルの差  $SPL_{non} - SPL_{with\ partition}$  (Fig.2-6)から算出した挿入損失(Insertion Loss : IL)を用いる。受音点での音圧レベルは各音源に対する音圧レベルを統計平均した音圧レベルを用いる。統計平均は Paris の式に基づいて行っている<sup>[13]</sup>。衝立なしから衝立有の差分をとっているため正の値になると遮音性能があると言える。尚、統計平均を行う際に使用する音源は以下の2条件である。統計平均音圧レベルは 1/3 オクターブバンドレベルで算出している。

### (1) ある入射方向ごとのエネルギー統計平均（角度平均）

水平方向( $\varphi$ )を全方向で平均後、鉛直方向( $\theta$ )を  $0^\circ \sim 90^\circ$  の  $10^\circ$  刻みで統計平均する。入射方向ごとに統計平均することで、特定方向から入射する音に対する遮音性能を検討できる。

### (2) 全音源からの入射エネルギーを統計平均（全方向平均）

水平方向( $\varphi$ )と鉛直方向( $\theta$ )の全方向で統計平均する。あらゆる方向から音が入射する条件に対する遮音性能を検討できる。

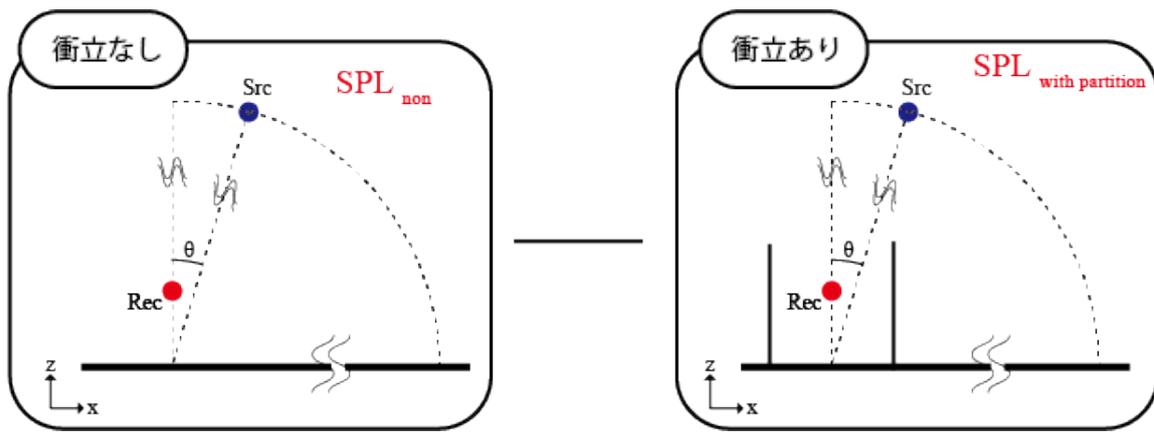


Fig.2-6 挿入損失

## 2.2 解析結果・考察

### 2.2.1 衝立配置に関する検討

各配置の全閉条件（中央：口の字，壁際：コの字，隅部：L字）を比較することで配置の影響を検討する。角度平均の結果を Fig.2-7，全方向平均の結果を Fig.2-8 に示す。

#### 角度平均

配置によらず，反射性では入射角度による違いは小さい。吸音性では，配置の違いや入射角度による違いが表れている。また，吸音率が大きくなるに従い、入射角度による違いが顕著に生じることが確認できる。局所空間での衝立間で起こる反射が吸音されたことで衝立による遮蔽の効果が表れたと考えられる。低吸音，高吸音とともに中央，壁際，隅部の順番になっている。配置によって差があらわれるのは，壁際と隅部では衝立以外の壁面が無限大剛壁であるためであると考えられる。しかし，いずれの配置でも高吸音では，入射角度が低いと大きな遮音性能が確認できる。

#### 全方向平均

反射性ではいずれの配置も同様の傾向を示しており 500Hz を境に傾向が変化している。500Hz 以下では周波数帯域ごとに大きな変動があるが，500Hz 以降では変動は小さくほぼ 0dB となっている。500Hz 以下でみられる変動は，衝立内でのモードや回折波による干渉など波動現象によって生じたピークでディップが影響であると考えられる。一方で，吸音性を与えることで挿入損失が上昇し，遮音性能が向上している。低吸音，高吸音の両方で挿入損失は隅部，壁際，中央の順に大きくなる。これは，角度平均でも見られた現象であり衝立以外の面の影響であると考えられる。低吸音では，約 2dB～5dB の範囲である。対して，高吸音では，隅部では 5dB 程度，壁際と中央で約 6dB～8dB と遮音性能が向上している。また，いずれの配置でも高吸音では低音域での上昇がみられる。

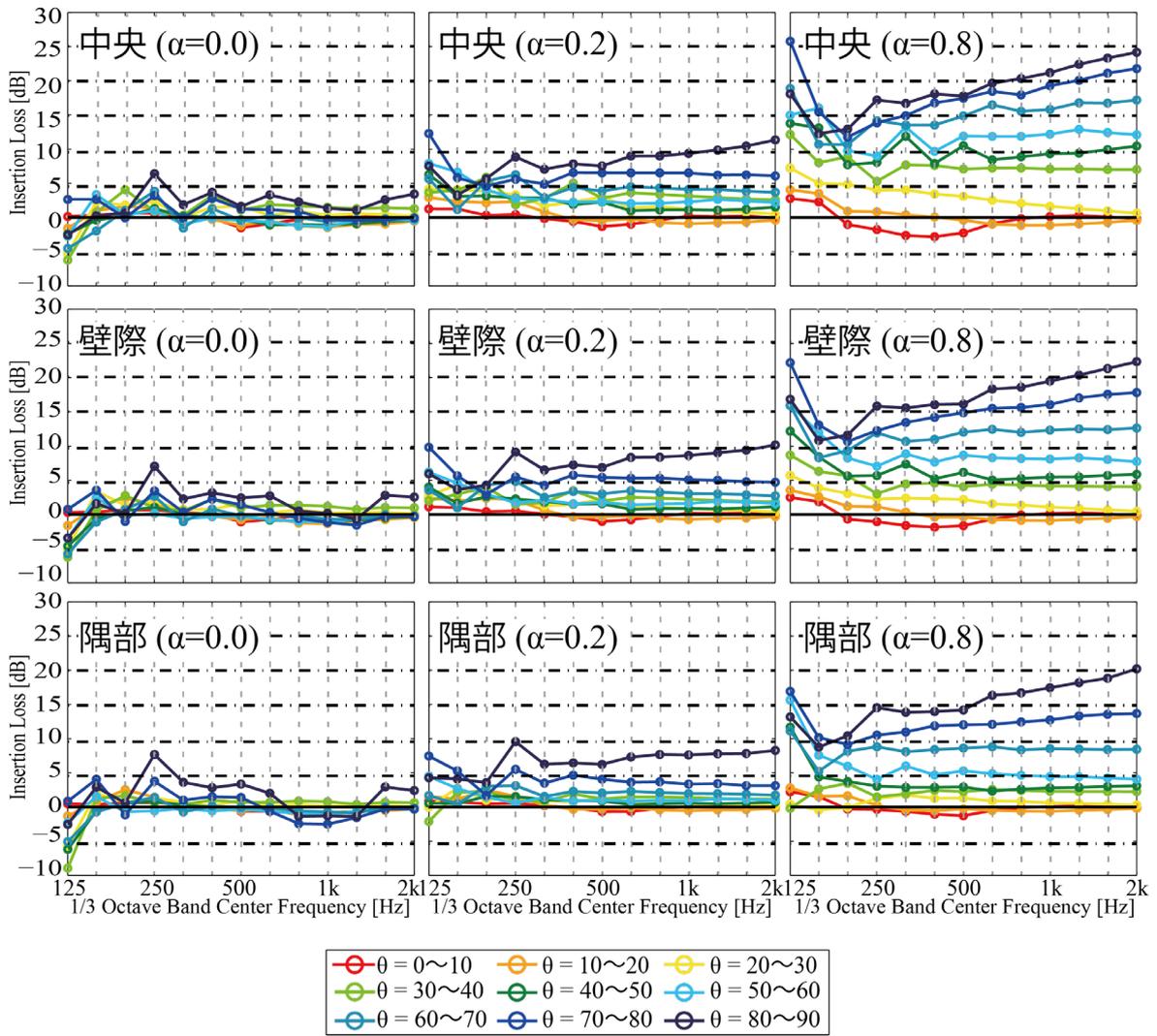


Fig.2-7 配置の比較(角度平均)

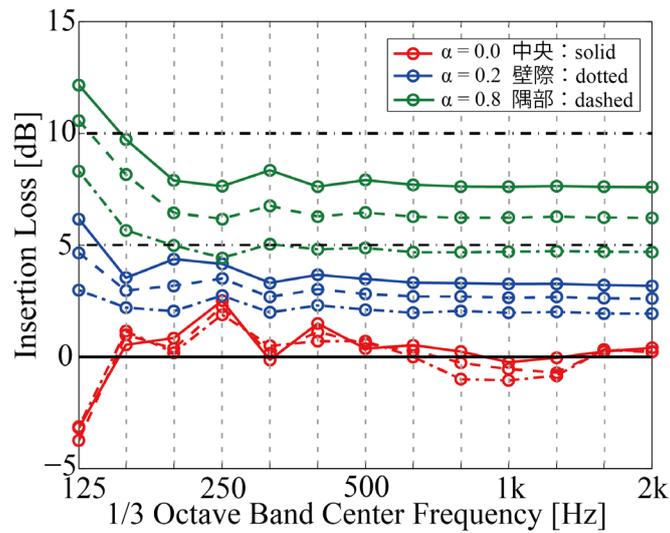


Fig.2-8 配置の比較(全方向平均)

## 2.2.2 衝立形状に関する検討

各配置における衝立形状の違いによる遮音性能について検討する。各配置，各形状の角度平均・全方向平均の詳細な数値は付録 A に示している。

### ◆中央

角度平均の算出結果を Fig.2-9，全方向平均の算出結果を Fig.2-10 に示す。

#### 角度平均

全体の傾向としては，反射性では，入射角度や形状によらず挿入損失が小さいが，吸音性とすることで挿入損失が増加する。しかし，低吸音の場合，反射性に比べ入射角度による差はあらわれているが小さい。これは，開口部から入射した音が局所空間での衝立間の反射が影響していると考ええる。一方，低吸音の場合は入射角度による差が顕著であり，衝立に音源が隠れる角度以上では，いずれの形状で増加する傾向が確認できる。吸音性としたことで局所空間内反射の影響が小さくなり，衝立による遮蔽の効果が出たと考えられる。よって，いずれの形状でも吸音処理をしなければ，局所空間内に侵入した音が内部で反射する影響で衝立による遮音性能がほとんど得られないことが示唆される。

次に，形状ごとに比較する。低吸音の場合，開口面が大きい形状は入射角度の違いによる差は小さい。一方で，開口が小さい形状は入射角度による違いは前述の形状に比べて大きい。低吸音の場合，いずれの形状でも音源が衝立の影となる角度や開口の大小の違いで傾向が異なっている。影となる角度以上では，開口が大きい形状は周波数帯域によらず一定であるが，開口が小さい形状では入射角度や周波数の増加に伴って挿入損失が増加する。これは，開口が大きい形状は側面の開口部から入射する音が支配的である一方，開口が小さい形状は上部から回り込んでくる音が支配的であるためと考える。そのため，口の字\_開口は前述の中間の傾向となっている。よって，開口の大きさによって支配的な入射音は異なることが示唆された。

#### 全方向平均

反射性では，形状や周波数によらず挿入損失が 3dB 以下に留まっている。また，400Hz 以下で見られる変動は衝立内部での干渉やモードなどの波動現象によるものであると考えられる。

低吸音では，二の字と L 字ではいずれの周波数帯域でも 1dB 以下となり遮音性能がほぼないが，その他の形状は 1dB～4dB 程度となっている。いずれの形状も 400Hz 以上では周波数によらずほぼ一定の値となっている。周波数が小さくなるほど回折現象が起きやすいため，周波数の増加に伴って増加すると考えたが一定となったのは想定と異なる結果となった。順番としては，コの字，口の字(大)，口の字\_開口，口の字という順番で挿入損失が大きい。これにより，開口の大きさが遮音性能へ与える影響が大きいことがわかる。

低吸音では，低吸音において 1dB 以下に留まっていた二の字や L 字も 2dB 程度の挿入損失となっている。口の字\_開口や口の字では 6dB～8dB 程度の挿入損失となり高い遮音性能がある。また，口の字\_開口や口の字では低音域での上昇が確認できる。

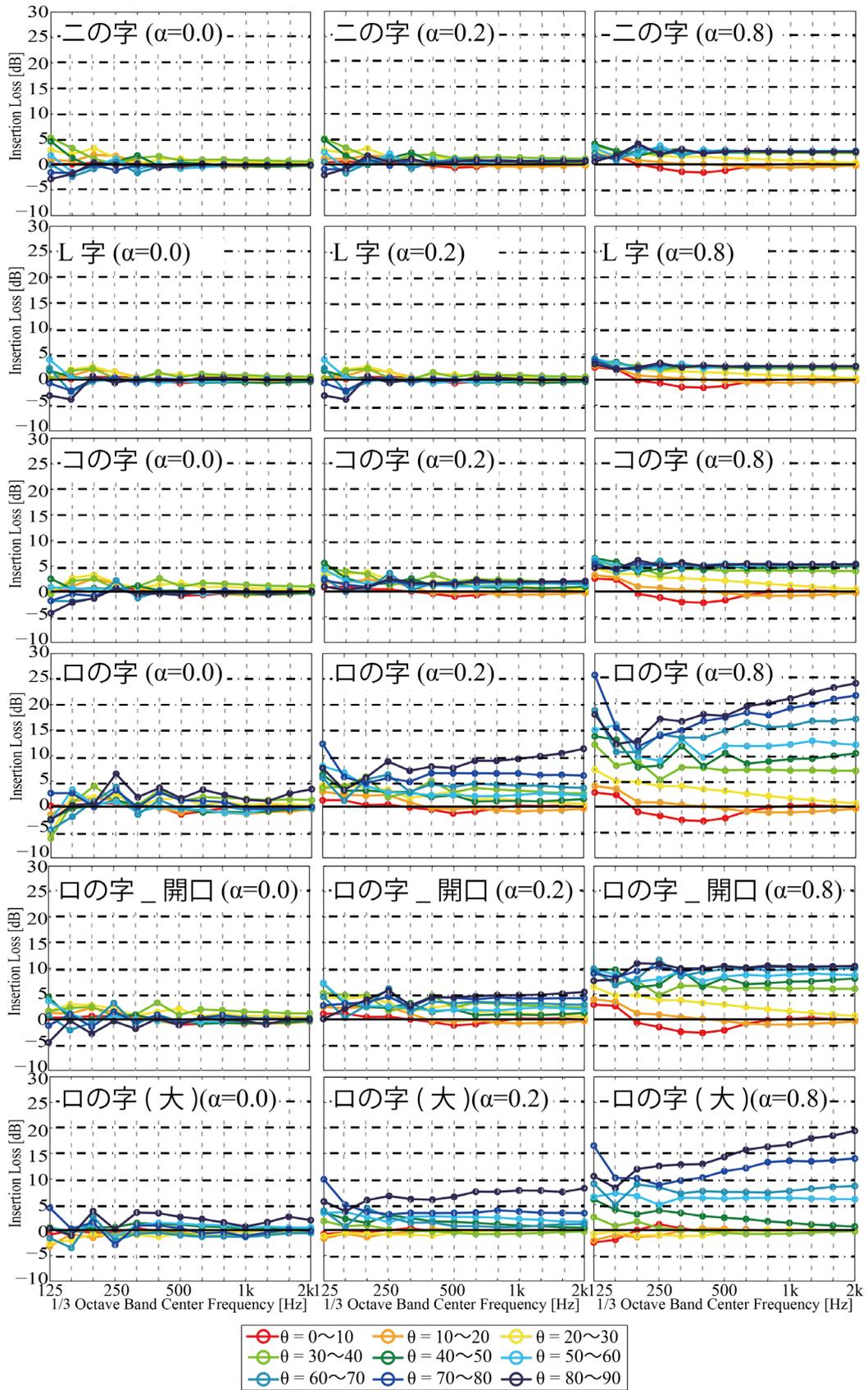


Fig.2-9 中央配置の形状比較(角度平均)

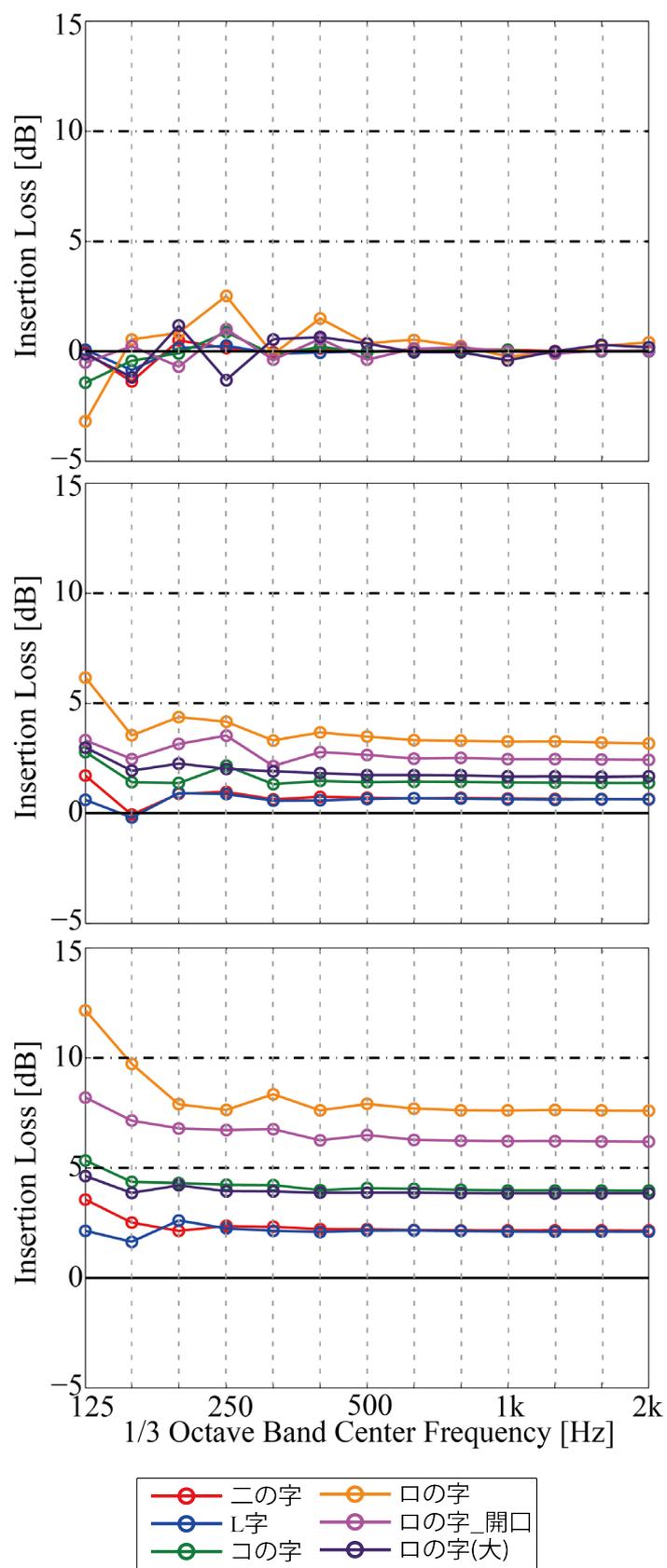


Fig.2-10 中央配置の形状比較(全方向平均／上段：反射性，中段：低吸音，下段：高吸音)

#### ◆壁際

角度平均の算出結果を Fig.2-11, 全方向平均の算出結果を Fig.2-12 に示す。

#### 角度平均

全体の傾向としては、中央と同様の傾向となっている。反射性では、いずれの形状も遮音性能は低く、吸音性とする事で挿入損失が増加し遮音性能の向上が確認できる。特に、吸音性を大きくすることで入射角度や形状の違いが顕著となっている。また、吸音性において、音源が衝立の影となる角度以上では入射角度の増加に伴い挿入損失の増加が確認できる。

形状ごとに着目すると、低吸音の場合、一の字はいずれの入射角度でもほぼ 0dB となっている。二の字や L 字は 200Hz 以下で若干の上昇はあるが 200Hz 以降では入射角度によらず 3dB 以下と遮音性能は低い。一方、コの字、コの字\_開口では音源が衝立の影となる角度以上で入射角度の増加に伴って挿入損失が増加している。高吸音の場合、より形状による違いが顕著にあらわれている。一の字、L 字、二の字では、中央でもみられた影となる角度以上で上昇するがある角度以上で一定となる傾向が確認できる。しかし、一の字で 2dB 程度、二の字、L 字で 4dB 程度である。これは、剛である壁面の影響であると考ええる。また、二の字と L 字では低音域で差はあるものの中高音域以上ではほとんど差がない。これは、側面の開口部からの入射の影響が大きく開口面積が同じであることが原因であると考ええる。コの字、コの字\_開口では音源が衝立の影となる以上で入射角度の増加に伴って挿入損失が増加している。

#### 全方向平均

反射性では中央と同様に傾向が確認でき、250Hz 以下には衝立内部での干渉やモードなどの波動現象による変動があり負の値となっている周波数帯域もみられる。しかし、250Hz 以降ではほぼ 0dB となり遮音性能はほとんどない

低吸音では、一の字はいずれの周波数帯域でもほぼ 0dB と遮音性能は小さく吸音の効果はほとんど見られない。一方、その他の形状は挿入損失が増加している。しかし、コの字やコの字\_開口では低音域にかけて上昇がみられ 5dB 近くとなっている周波数帯域もみられるが、ほとんどの周波数帯域で 3dB 以下と遮音性能は低い。

高吸音では、より挿入損失の増加がみられる。特に、コの字やコの字\_開口は約 5dB を超える挿入損失となっている。また、コの字\_開口、ロの字では低周波数で挿入損失が上昇することがわかる。これは、周波数が低いほど回折現象がおこるため内部での吸音の効果が大きく影響したと考える。

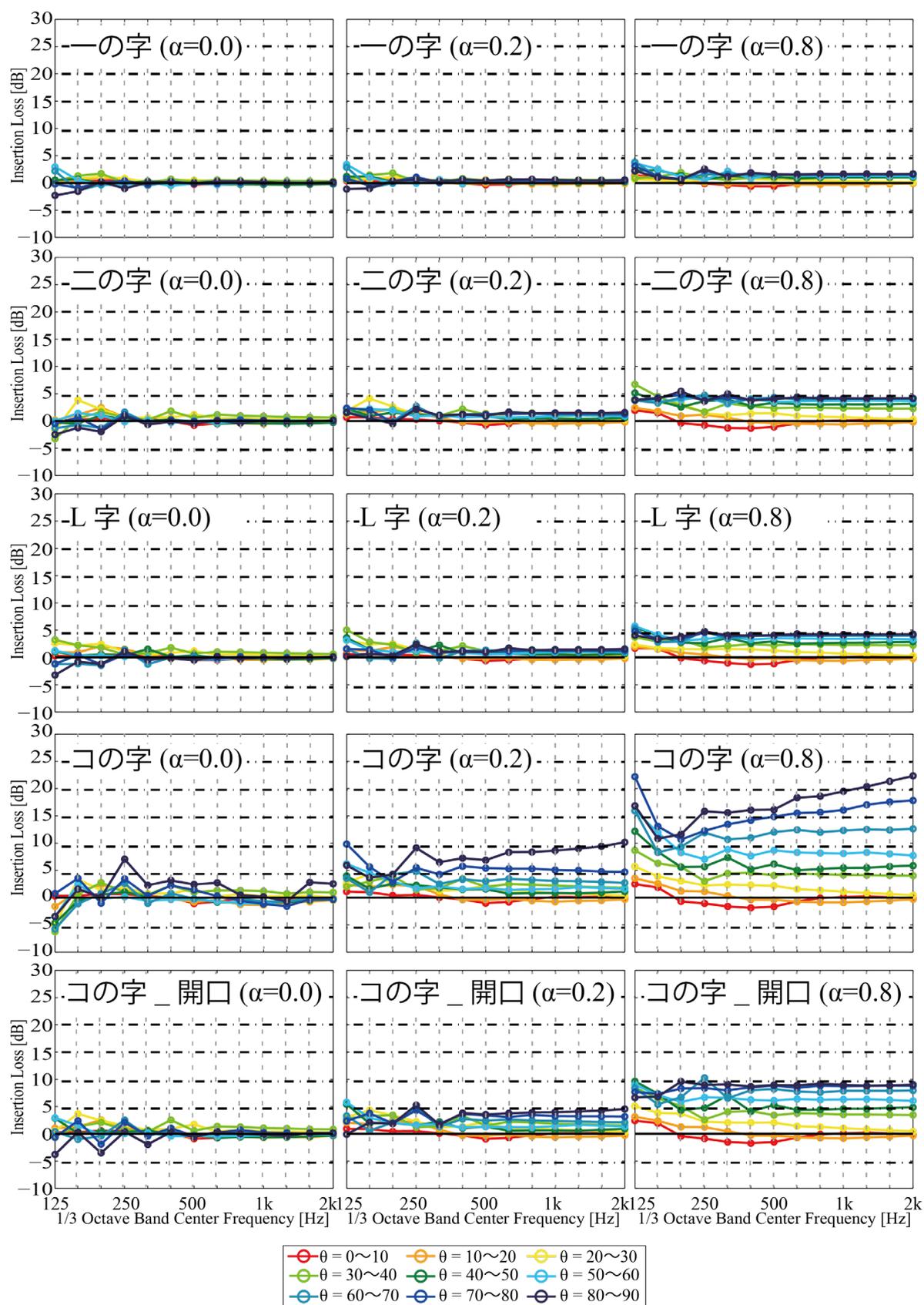


Fig.2-11 壁際配置の形状比較(角度平均)

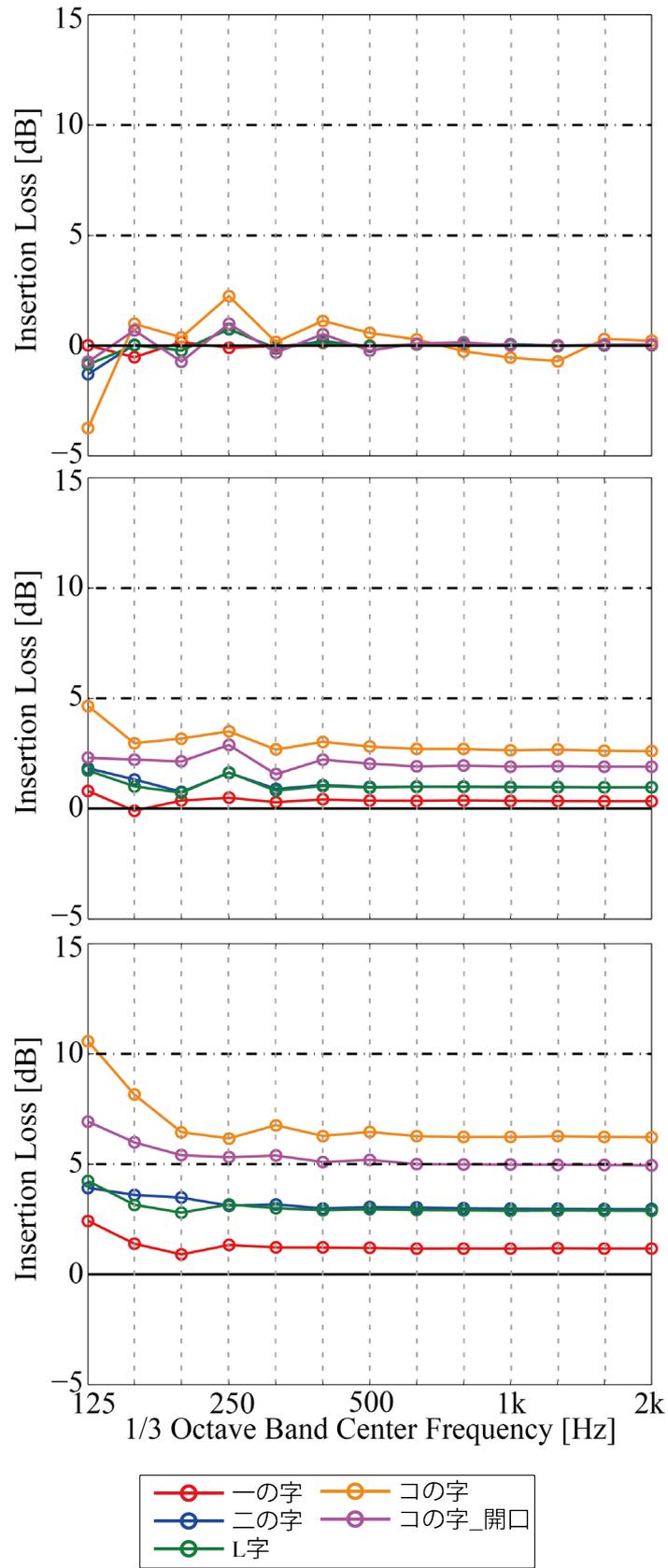


Fig.2-12 壁際配置の形状比較(全方向平均／上段：反射性，中段：低吸音，下段：高吸音)

#### ◆隅部

角度平均の算出結果を Fig.2-13, 全方向平均の算出結果を Fig.2-14 に示す。

#### 角度平均

全体の傾向としては、中央や壁際と同様の傾向となっている。反射性では、いずれの形状も遮音性能が小さく、吸音性とすることで挿入損失が増加する。吸音性を大きくすることで入射角度や形状の違いが顕著にあらわれる。

低吸音では、一の字は 250Hz 以下での一部の周波数帯域で 2dB 程度となっているが 250Hz 以降はいずれの入射角度もほぼ 0dB である。一方、L 字\_開口や L 字では、60°以降で入射角度の増加に伴って挿入損失も増加している。特に、L 字では 81°以上で大きな増加が確認できる。しかし、L 字の 81°以上を除くと 5dB 以下と遮音性能は高いとは言えない。

高吸音では、より挿入損失が増加し遮音性能の向上が確認できる。いずれの形状でも音源が衝立の影となる角度以上では入射角度の増加に伴って挿入損失が増加している。しかし、一の字は約 3dB 以下と低い遮音性能に留まっている。一方、L 字\_開口や L 字と開口部が小さい形状では大きく増加し、L 字では入射角度が低いと 15dB を超える周波数帯域も確認でき高い遮音性となっている。

#### 全方向平均

反射性では、L 字は 250Hz 以下の変動が確認できるがその他の形状は変動がない。いずれの形状も 250Hz 以降ではほぼ 0dB であり遮音性能がほとんどない。

低吸音では、いずれの形状も挿入損失が若干増加し正の値となっている。しかし、最大でも 3dB 程度と遮音性能としては低い。

高吸音では、大きい増加となっている。特に L 字\_開口と L 字では大きく増加し、低音域にかけての増加が確認できる。特に L 字では、5dB 程度の挿入損失となる。

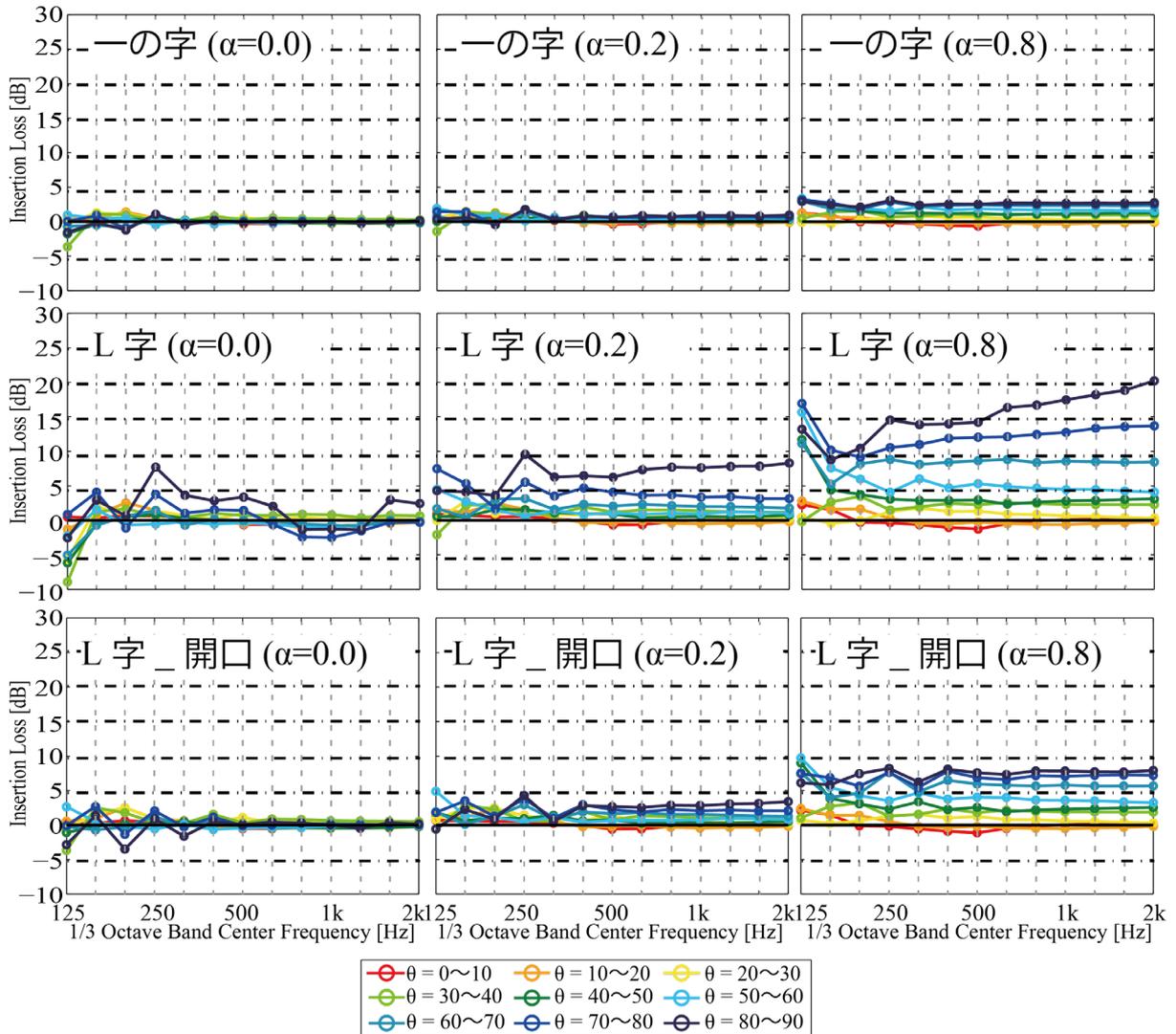


Fig.2-13 隅部配置の形状比較(角度平均)

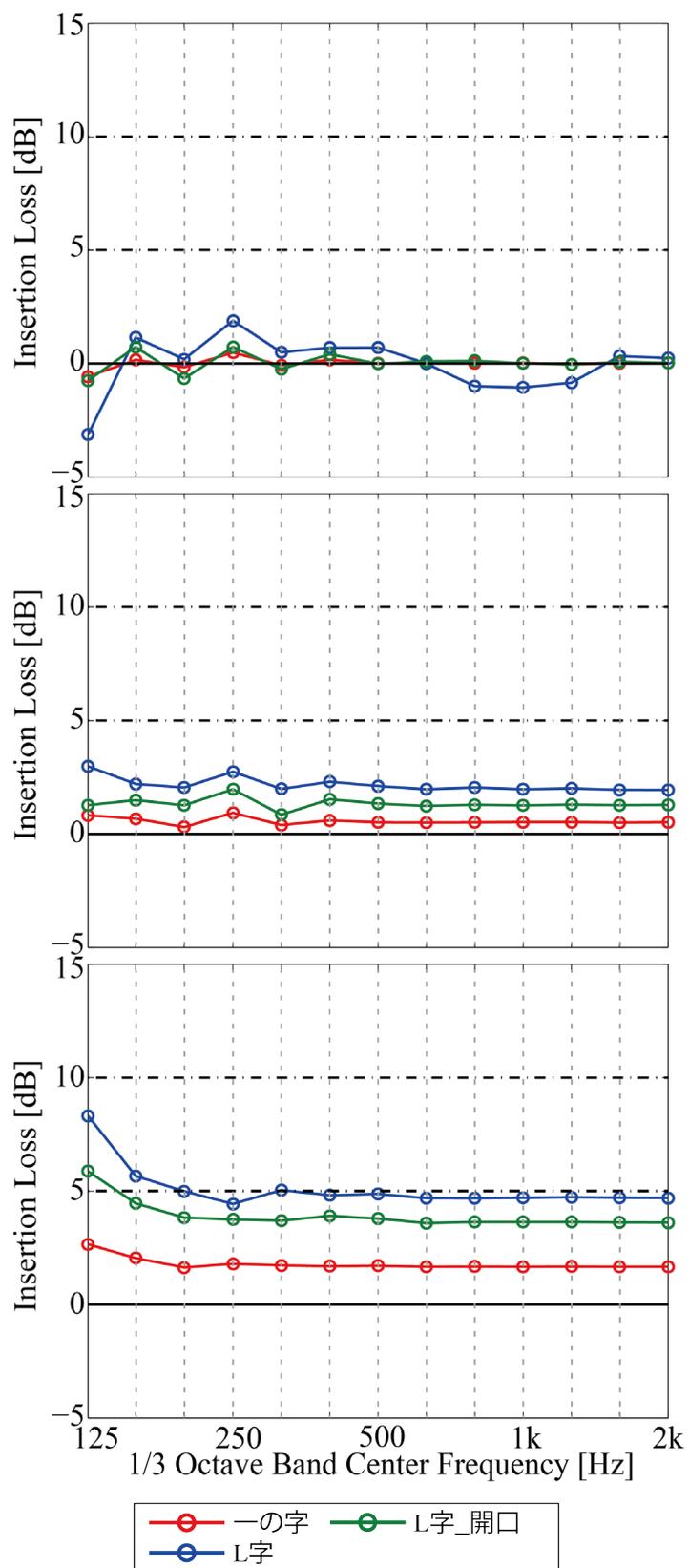


Fig.2-14 隅部配置の形状比較(全方向平均／上段：反射性，中段：低吸音，下段：高吸音)

### 2.2.3 受音点高さの違いに関する検討

前節までに受音点高さ 0.0m の場合において、配置や形状の違いを検討した。本節では前節で検討した配置、形状が同様の条件において受音点を着席時の耳の高さに相当する 1.2m とした場合の各配置における衝立形状の違いによる遮音性能について検討する。各配置、各形状の角度平均・全方向平均の詳細な数値は付録 B に示している。

#### ◆中央

角度平均の挿入損失の結果を Fig.2-15, 全方向平均の挿入損失の結果を Fig.2-16 に示す。

#### 角度平均

低吸音、高吸音の 500Hz 以下で周波数による激しい変動がみられ、500Hz 以降では二の字, L 字, コの字, ロの字\_開口は一定となり、ロの字では上昇する傾向となった。これは、500Hz 以下では、受音点高さが 1.2m となったことで床面からの反射波との位相干渉が起これ、ピーク・ディップが生じているためと考える。一方、ロの字(大)は、上記の形状で上げた傾向とは異なり、500Hz 以下での変動があまりなく、形状の差が顕著にあらわれている。500Hz 以降で着目すると、いずれの形状も受音点高さが 0.0 と同様の傾向を示し、開口部の影響が大きい二の字, L 字, コの字では音源が衝立の影となる角度以上で入射角度が大きくなるほど上昇するが、ある角度以上で一定となっている。また、ロの字では入射角度が大きくなるに伴って挿入損失が増加する。開口部からの影響と上部からの回折波の影響によって傾向が変化するのは受音点高さが変わっても同様に起こることが確認できた。開口部からの入射が支配的である形状である二の字, L 字, コの字は受音点高さが 0.0 の結果と比べて入射角が大きい場合では差がわずかである。また、上部開口からの回り込みの影響が大きい、ロの字\_開口やロの字では受音点高さが 0.0m の方が挿入損失は大きくなる。吸音性が大きい方が顕著であることから、上部から入った音が受音点に到達するまでに吸収されるエネルギーが少ないためと考える。

#### 全方向平均

反射性では、受音点高さ 0.0m と同様の傾向であり、400Hz 以下で変動が激しい。

低吸音では、二の字, L 字, コの字は受音点高さ 0.0m と同様の傾向である。一方、その他の形状は 400Hz 以下で見られる変動がより激しく変動していることが確認できる。400Hz 以降では、ずれの形状も若干低下するもののほとんど変化がないことがわかる。

高吸音では、二の字, L 字はほとんど変化がない。コの字やロの字(大)は、400Hz 以下では受音点高さ 1.2m で変動があり、差がみられる。ロの字\_開口やロの字では前述の形状に比べて差が大きく、315Hz 以下の増加がなくなっている。よって、開口面積の小さい形状では受音点高さの違いによって挿入損失にも差があらわれることが示唆された。

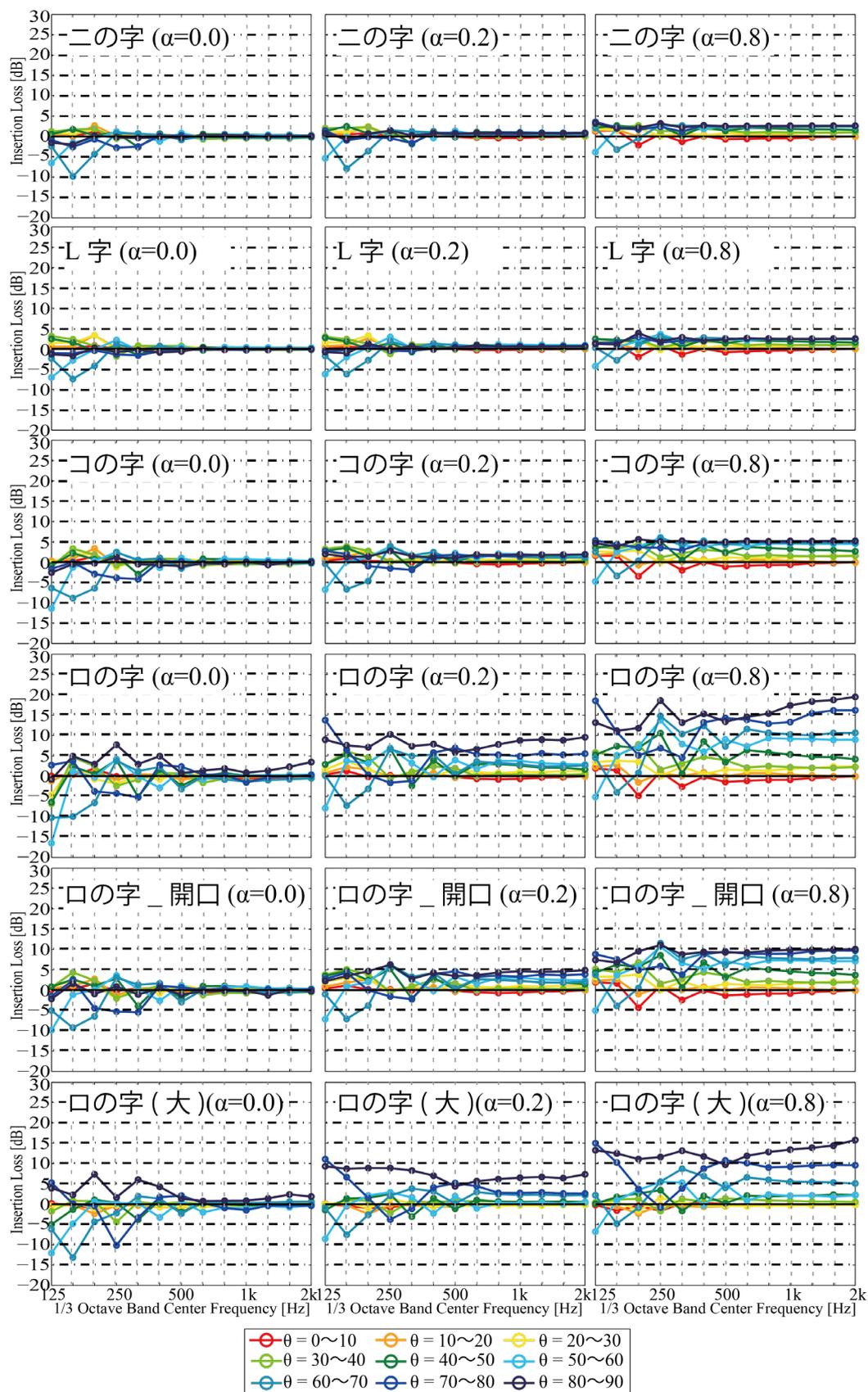


Fig.2-15 中央配置の形状比較(角度平均)

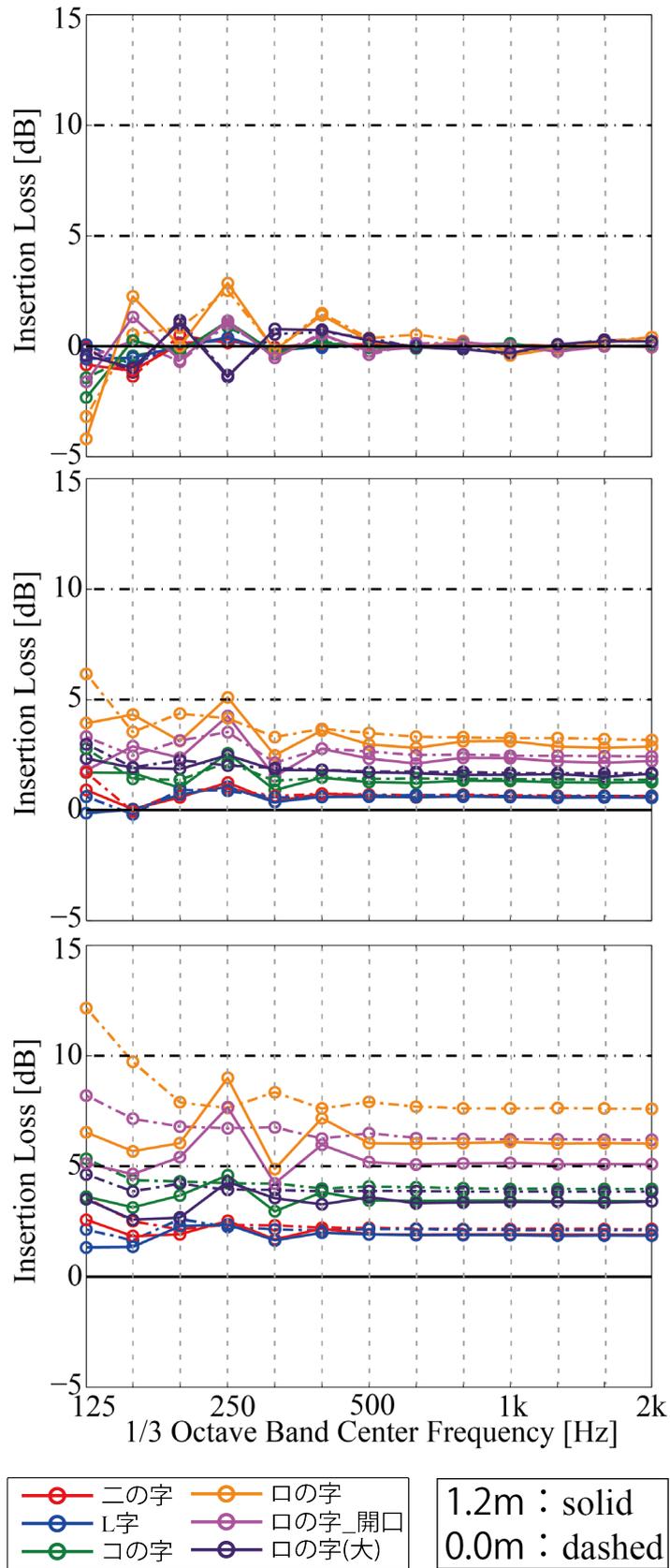


Fig.2-16 中央配置の形状比較(全方向平均／上段：反射性，中段：低吸音，下段：高吸音)

#### ◆壁際

角度平均の挿入損失の結果を Fig.2-17, 全方向平均の挿入損失の結果を Fig.2-18 に示す。

#### 角度平均

いずれの条件でも配置が中央の傾向と同様の傾向を示し、500Hz 以下で激しい変動がみられる。吸音性でも変動がみられることから受音点高さが 1.2m となったことで床面からの反射波によって位相干渉が起こり、ピーク・ディップが生じているためと考える。500Hz 以降では、反射性の場合はいずれの形状でもほぼ 0dB となっている。吸音性の場合、入射角度による違いがみられる。特に吸音性を高くすることでより顕著となっている。開口部からの入射の影響が大きい一の字や二の字、L 字ではある入射角度以上で一定となっている。一方、開口部が小さく上部からの回り込みの影響が大きいコの字\_開口、コの字では入射角度が低くなるにつれて上昇する傾向が確認できる。コの字\_開口では入射角度が低くなると 10dB 程度、コの字では 10dB 以上の遮音性能と確認できる。

#### 全方向平均

反射性では、受音点高さ 0.0m とほとんど変わらないことが確認できる。一方、吸音性とすることで違いが確認できる。低吸音では、一の字や二の字、L 字はほとんど変わらないが、コの字\_開口やコの字では低周波数にかけての上昇がみられなくなり、500Hz 以下で変動が確認できる。500Hz 以降では、若干低下している。高吸音では、一の字は変化がないものの二の字や L 字は周波数帯域全体で若干の低下がみられる。特に、250Hz 未満で大きい。コの字\_開口やコの字では、全周波数帯域で大きな低下が確認できる。500Hz 以下でより大きな変動によって大きく低下している。吸音性では開口部が小さくなるほど受音点高さを 1.2m とすることでより低下することが示唆された。

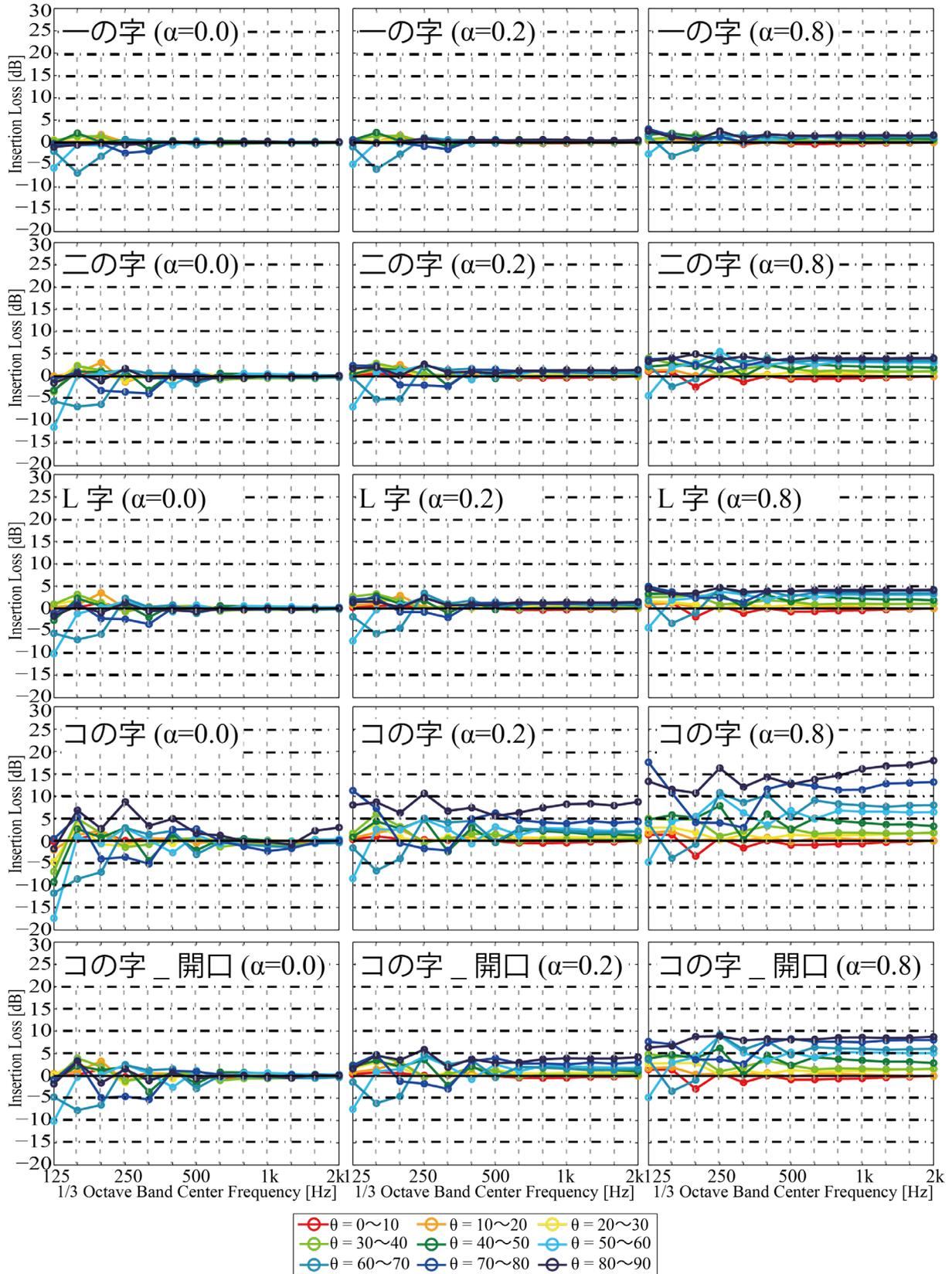


Fig.2-17 壁際配置の形状比較(角度平均)

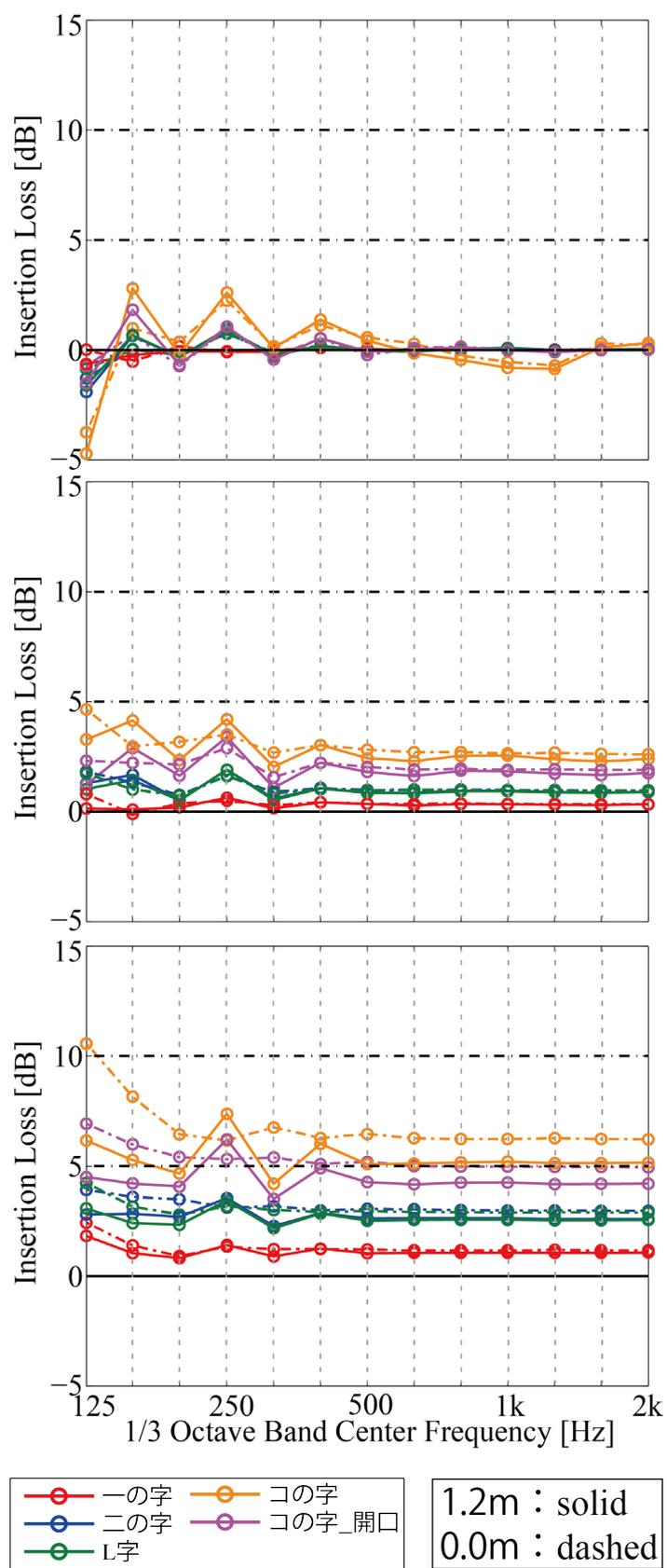


Fig.2-18 壁際配置の形状比較(全方向平均／上段：反射性，中段：低吸音，下段：高吸音)

## ◆ 隅部

角度平均の挿入損失の結果を Fig.2-19, 全方向平均の挿入損失の結果を Fig.2-20 に示す。

角度平均

いずれの条件においても 500Hz 以下で周波数帯域ごとに大きな変動が確認でき、挿入損失が負の値となってしまう周波数帯域もある。この、変動は開口部が小さいほど顕著であり吸音性でも確認できることから、床面との位相干渉による影響であると考えられる。

全方向平均

反射性では受音点高さ 0.0m と同様の傾向であり値もほとんど変化していない。一方、低吸音では、L字\_開口やL字の 400Hz 以下で周波数帯域ごとの変動があり受音点高さ 0.0m と異なる傾向が確認できる。しかし、400Hz 以降ではほぼ同じ傾向となり挿入損失も変わっていない。また、高吸音でも同様の形状で同じ傾向があらわれている。しかし、高吸音では 400Hz 以降で受音点が 1.2m となったことで若干の低下が確認できる。

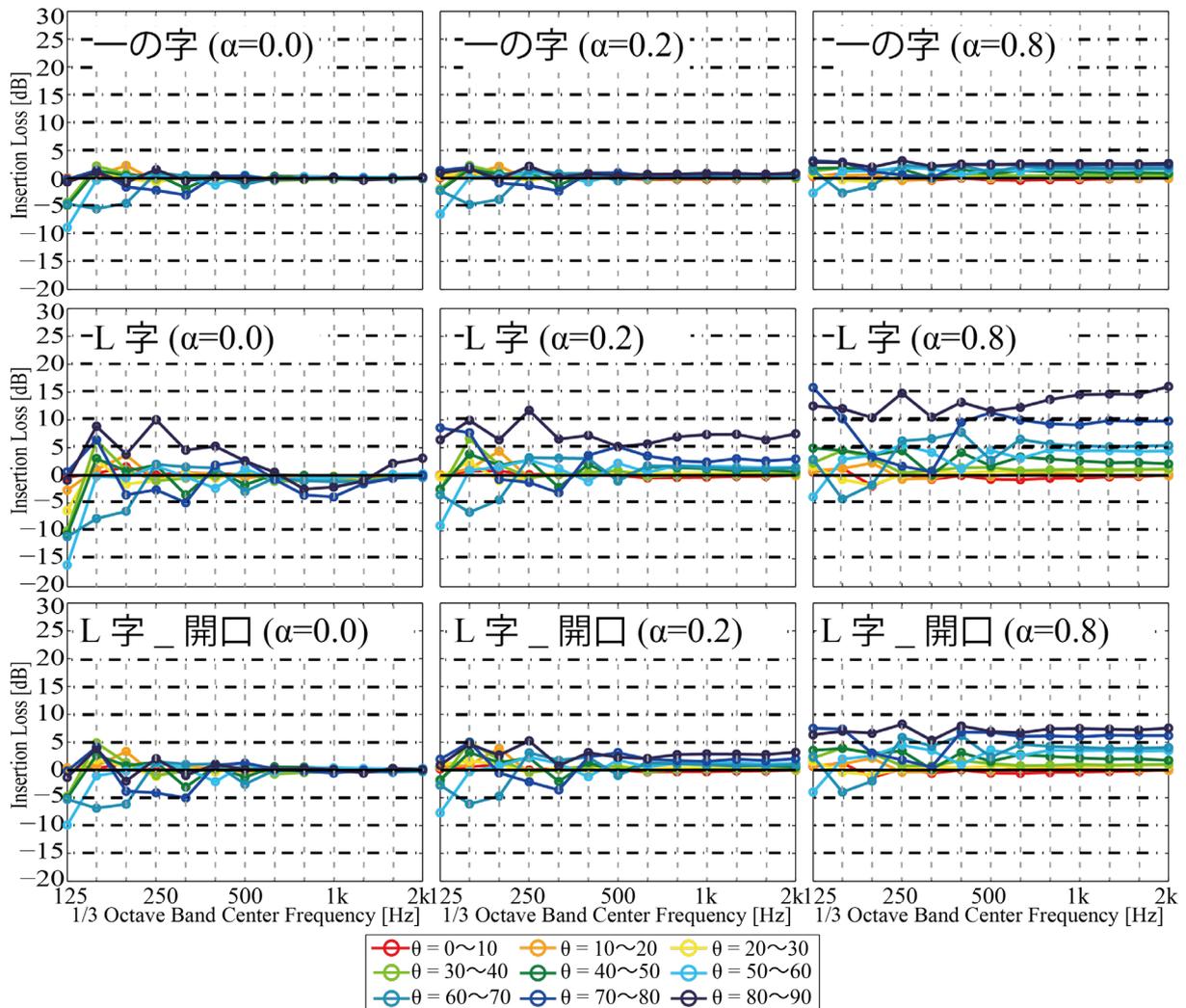


Fig.2-19 隅部配置の形状比較(角度平均)

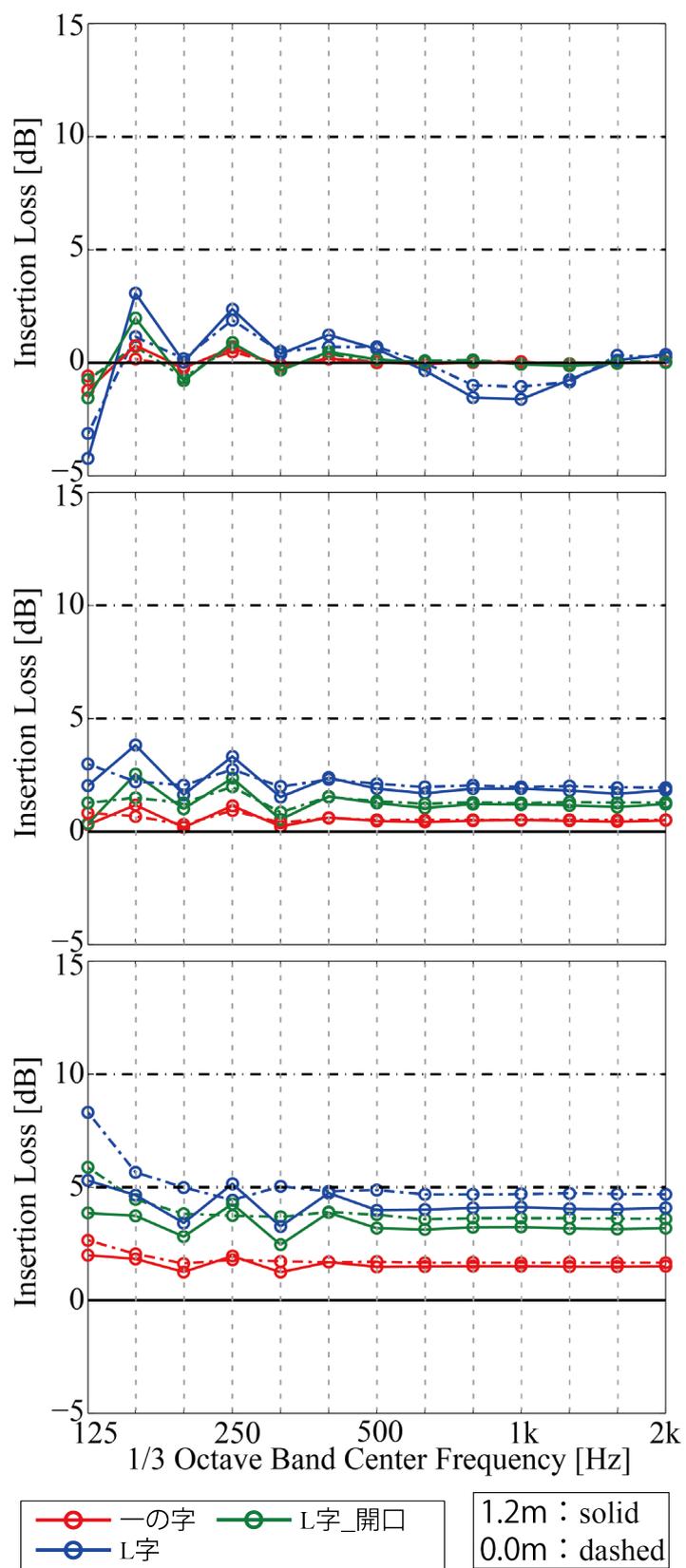


Fig.2-20 隅部配置の形状比較(全方向平均／上段：反射性，中段：低吸音，下段：高吸音)

## 2.2.4 吸音位置の違いに関する検討

前節までに配置や形状，受音点高さの違いについて検討してきた。本節では吸音面を衝立の全面ではなく衝立の上面や下面のみにした場合の遮音性能について検討する。本節の検討は各配置において最も遮音性能が高い全閉条件（中央：ロの字，壁際：コの字，隅部：L字）を対象に行う。各配置，各形状の角度平均・全方向平均の詳細な数値は付録Cに示している。

### ◆中央

角度平均の挿入損失の結果を Fig.2-21, 全方向平均の挿入損失の結果を Fig.2-22 に示す。

### 角度平均

全面吸音に比べて，上部吸音や下部吸音ではいずれの吸音率でも低下していることが確認できる。低吸音の場合，上部吸音では入射角度の増加に伴う増加は小さく，80°までは若干の増加しかみられない。下部吸音でも同様の傾向がみられ 70°まではほとんど変化がみられない。しかし上部吸音と下部吸音ではあまり差がないことがわかる。一方，高吸音の場合，上部吸音では全面吸音と同様の傾向を示し，音源が衝立の影となる角度以上で増加する。しかし，低音域にかけての上昇や，周波数の増加に伴う挿入損失の上昇がなく 500Hz 以降では入射角度が低くなっても周波数によらずほぼ一定となっている。一方，下部吸音では音源が衝立の影となる角度である 30°ではなく 50°以上で上昇している。50°以上では周波数の増加に伴う挿入損失の上昇が確認できる。低・中音域においては上部吸音の方が遮音性能は高いことがわかる。

### 全方向平均

いずれの吸音率でも，全面吸音に対して上部吸音，下部吸音では挿入損失が低下してしまうことが確認できる。低吸音の場合，全面吸音と比べ，上部吸音で約 1dB，下部吸音で 1.5dB の低下となっている。高吸音ではより大きな低下となり上部吸音で約 2dB，下部吸音で約 3~4dB の低下となっている。上部吸音の方が遮音性能が高いことが示唆される。これは，上部の方が吸音面を見通せる音源が多いため吸音効果がより影響したと考える。

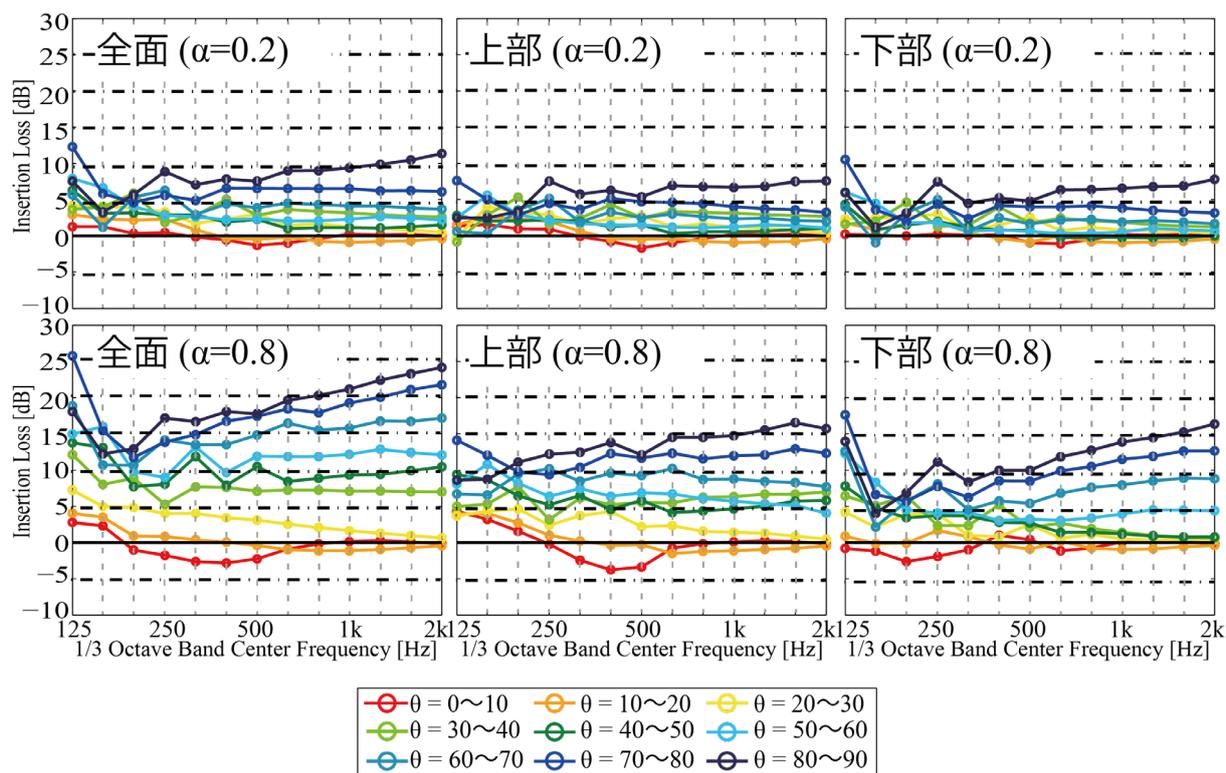


Fig.2-21 中央配置の吸音位置比較(角度平均)

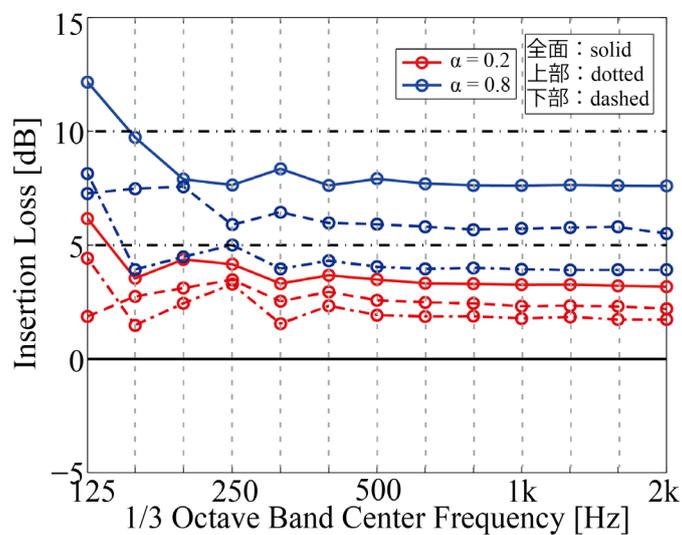


Fig.2-22 中央配置の吸音位置比較(全方向平均)

## ◆壁際

角度平均の挿入損失の結果を Fig.2-23, 全方向平均の挿入損失の結果を Fig.2-24 に示す。

角度平均

中央と同様に全面吸音に比べて、上部吸音や下部吸音ではいずれの吸音率でも低下していることが確認できる。低吸音の場合、上部吸音と下部吸音では似た傾向となることが分かる。高吸音の場合も上部吸音、下部吸音のいずれも中央と同様の傾向である。上部吸音では音源が衝立の影となる角度以上で増加するが低音域にかけての上昇や、周波数の増加に伴う挿入損失の上昇がみられない。

全方向平均

中央と同様に全面吸音に対して上部吸音、下部吸音では挿入損失が低下してしまうことが確認できる。低吸音では上部吸音と下部吸音の差は 1dB 未満と小さく、いずれも全面吸音から約 1dB の低下となっている。一方、高吸音では上部吸音と下部吸音の差があり、全面吸音と比べ、中・高音において上部吸音は約 1~2dB の低下、下部吸音では約 3dB 程度の低下である。また、低音にかけての上昇がみられなくなることから中・高音に比べて大きく低下している。

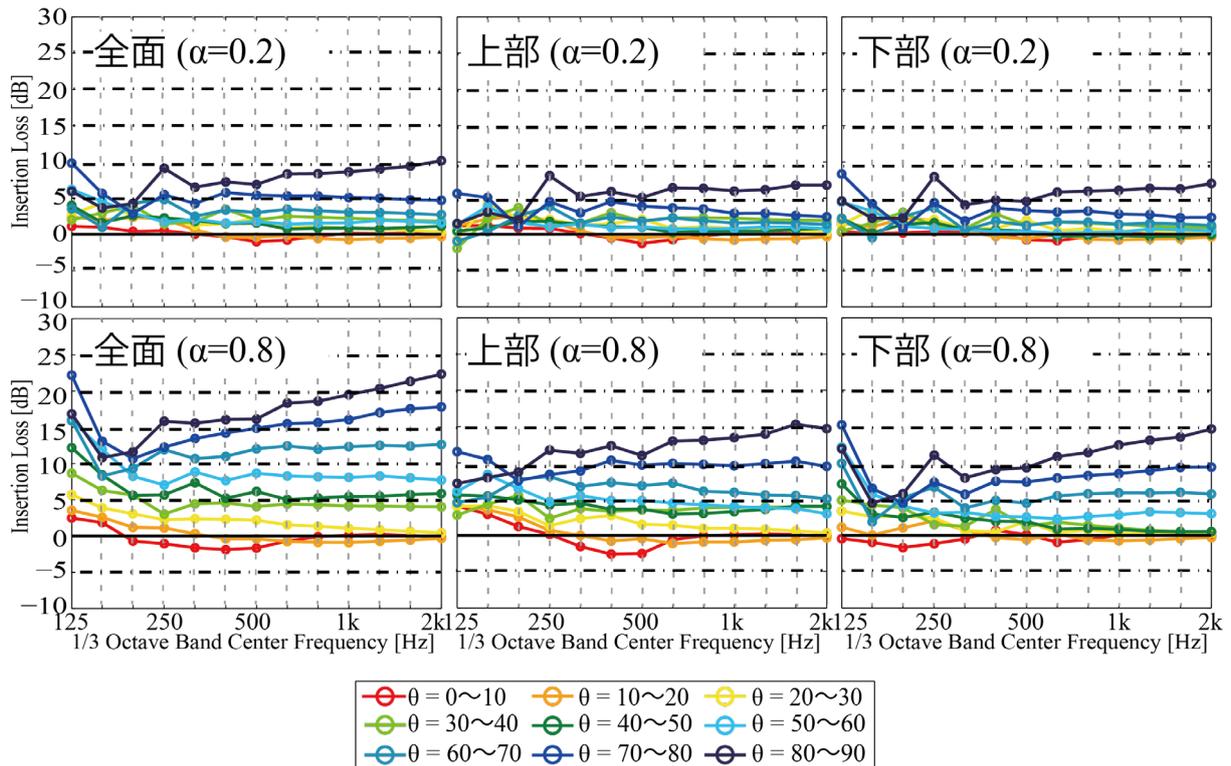


Fig.2-23 壁際配置の吸音位置比較(角度平均)

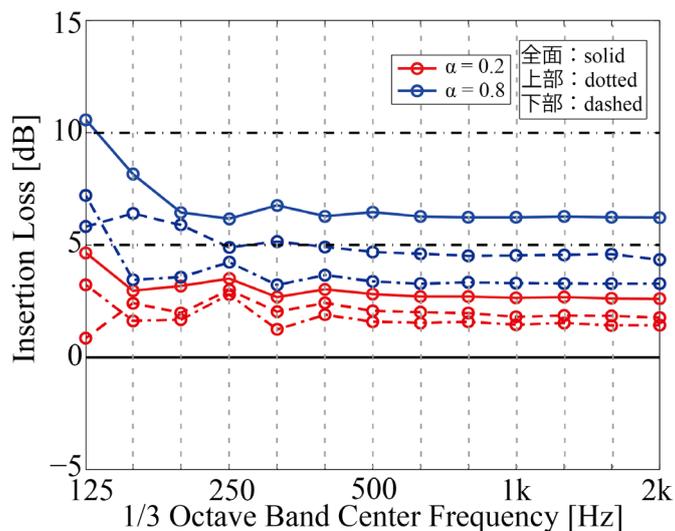


Fig.2-24 壁際配置の吸音位置比較(全方向平均)

#### ◆ 隅部

角度平均の挿入損失の結果を Fig.2-25, 全方向平均の挿入損失の結果を Fig.2-26 に示す。

#### 角度平均

低吸音の場合は上部吸音, 下部吸音のいずれも若干の低下はあるものの同様の傾向となっている。一方, 高吸音では吸音を与える場所による違いがあらわれている。上部吸音では衝立の影となる角度以上で上昇しているが  $60^\circ$ 以下では入射角度による差は小さく  $70^\circ$ 以上から大きく増加する。下部吸音では,  $50^\circ$ 以上から入射角度の増加に伴って増加する傾向となっている。

#### 全方向平均

低吸音では上部吸音と下部吸音ではほぼ同じ値となり, 全面吸音から約  $1\text{dB}$  の低下となっている。一方, 高吸音では中央, 壁際と同じく全面吸音, 上部吸音, 下部吸音の順となっている。全面吸音と比べ, 上部吸音では約  $1.5\text{dB}$ , 下部吸音では約  $2\text{dB}$  の低下となっている。

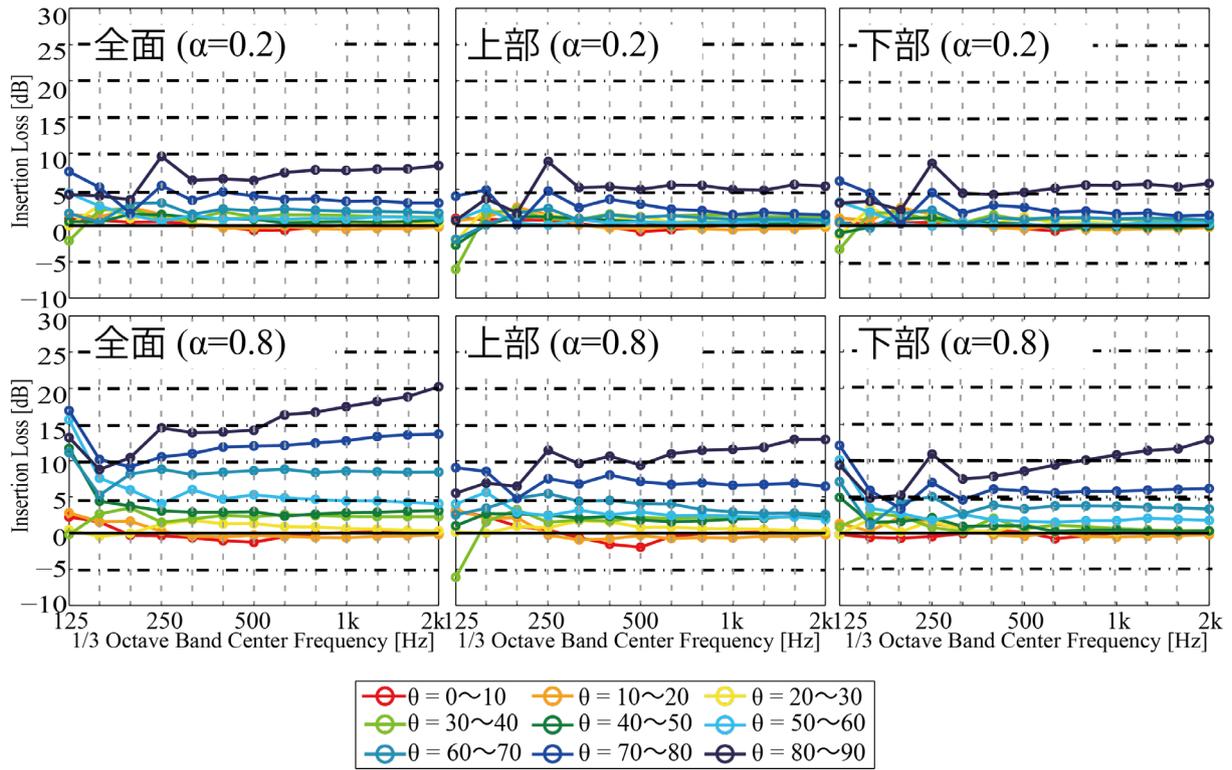


Fig.2-25 隅部配置の吸音位置比較(角度平均)

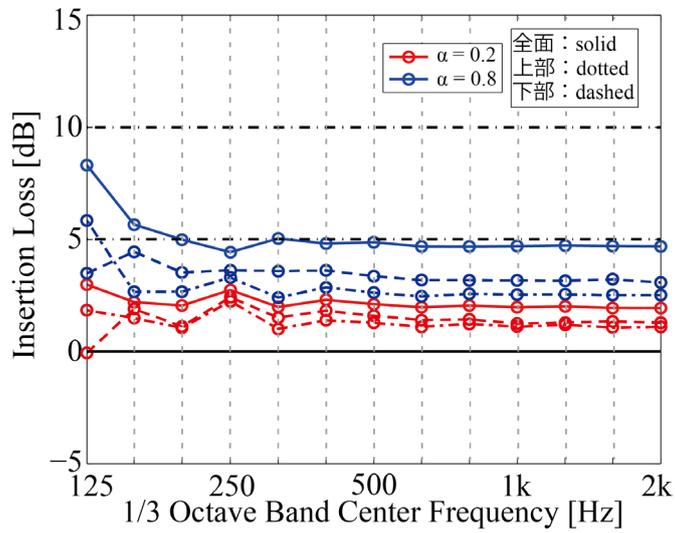


Fig.2-26 隅部配置の吸音位置比較(全方向平均)

## 2.3 まとめ

本章では、地表面が剛な無限平面上の半自由空間において衝立を用いて局所化したモデルにおいて外部音源に対する遮音性能を数値解析によって検討した。

### (1)配置による影響

角度平均では、反射性の場合、配置や入射角度による違いは小さく、低い遮音性能となっている。一方、吸音性とすることで配置や入射角度による違いが確認でき、吸音性を大きくすることでより顕著となる。全方向平均では中央、壁際、隅部の順で遮音性能が高い。

### (2)形状による影響

角度平均では、いずれの配置においても吸音性とすることで形状による違いが確認された。特に、高吸音とすることで顕著である。局所空間を構成する面数によって傾向に差がある。音源が見通せる角度以降で入射角度の上昇に伴って上昇するが、開口面が大きい形状では、ある角度以降で一定となる。一方、開口面が小さくなるにしたがって入射角度が低くなるほど高くなる傾向が確認された。

全方向平均では、いずれの配置の形状でも反射性では遮音性能は低く、吸音性とすることで遮音性能は向上する。また、開口面を少なくするほど遮音性能が大きくなることが示唆された。

### (3)受音点高さの影響

角度平均では、いずれの配置でも反射性、吸音性に関わらず低音域にかけて変動があり床面との位相干渉による影響が確認できる。しかし、その他の傾向は受音点高さも変化しても似た傾向となることが示唆された。

全方向平均では、反射性では受音点高さを変化させてもほぼ同じ値となるが、吸音性とすることで違いが確認された。特に、開口面が小さい形状では顕著であり受音点高さ 0.0m に見られた低音域にかけての上昇がなくなり変動によって低下がみられる。また、中・高音域にかけては周波数帯域によらず一定の減少が確認できる。よって、開口面の大きさが受音点高さの違いにおいて影響することが示唆された。

### (4)吸音位置の影響

吸音率が高い場合、吸音位置によって入射角度による傾向が異なることが確認された。また、全方向平均では、全面吸音と比べると低下してしまうが、上部吸音とするほうが遮音性能が高くなることが示唆された。

以上のことより、反射性では配置や形状、受音点高さによる差は小さく遮音性能もほとんどなく、吸音性とすることで遮音性能が向上し配置や形状、受音点高さの違いが出ることを確認された。よって、衝立を吸音性としてできるだけ開口面を少なくすることで高い遮音性能となることが示唆された。

## 第 3 章

# 大空間の衝立を用いた局所化による遮音性能に関する実験的検討

### 3.1 はじめに

本章では、実空間において鋼製衝立を複数枚使用し設けた上部開口の局所空間内における外部音源に対する遮音性能の検討を報告する。また、測定結果と解析結果を比較し、対応関係を確認する。

### 3.2 測定概要

本研究では、室容積が大きく反射性の材料が多く使われている、拡散音が支配的となる空間を対象としている。上記の対象空間と条件が類似している体育館を実験場所として選定した。実施期間は 2020 年 11 月 25 日～27 日の 3 日間である。体育館で音を流し、衝立設置前後の 1/3 オクターブバンド音圧レベルを測定した。

#### 測定空間

本測定は東京大学が保有する検見川総合運動場にある体育館で行った。体育館の室容積、表面積等を Table.3-1 にまとめる。また、体育館の平面図、各面の立面図、体育館の様子を Fig.3-1, Fig.3-2, Fig.3-3 に示す。

Table.3-1 測定空間の室容積・表面積

長辺 (m)	36.00
短辺 (m)	21.00
高さ (m)	7.96
表面積 (㎡)	2419.4
容積 (m <sup>3</sup> )	6017.8

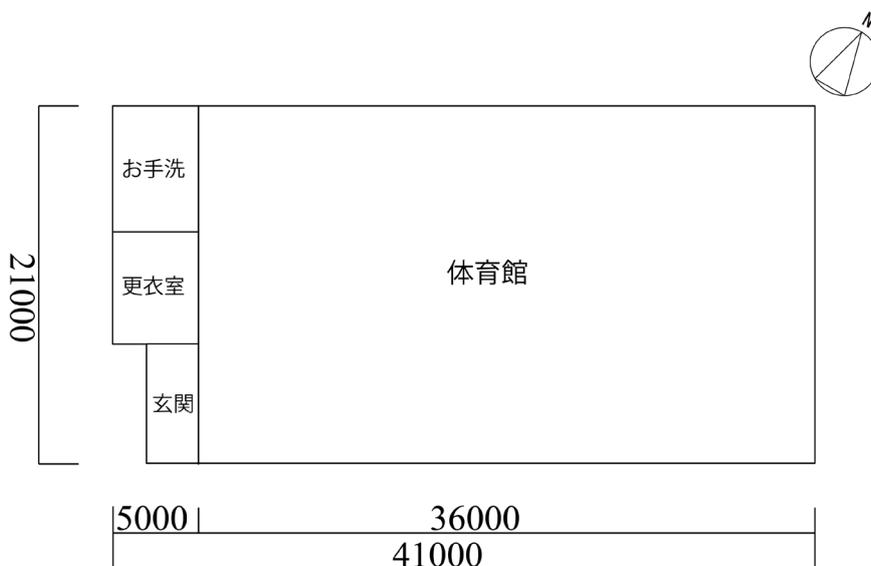


Fig.3-1 平面図

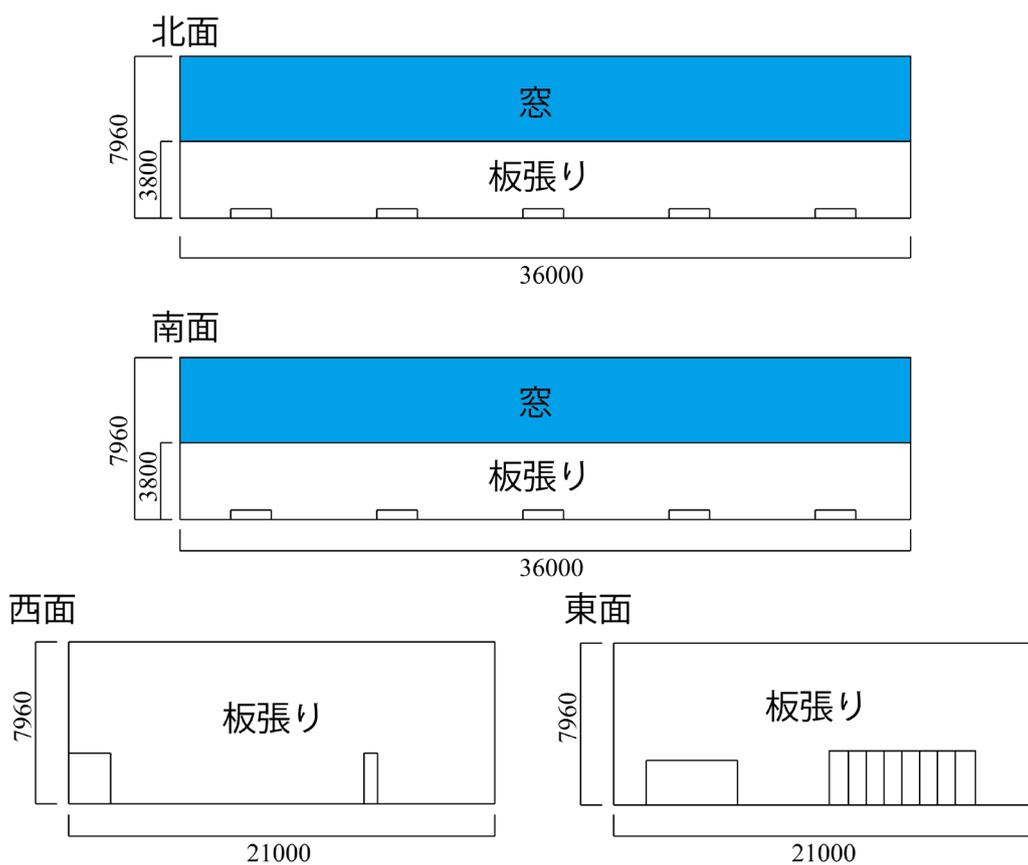


Fig.3-2 立面図



Fig.3-3 施設の様子(左：外観，右：内観)

### 衝立の大きさ・配置

一枚あたり幅と高さが  $0.9\text{m} \times 2.4\text{m}$  の鋼製衝立を使用し，衝立を3枚並べることで解析条件と同じ  $2.7\text{m}$  となるようにした(Fig.3-4)。衝立の配置は解析条件と同様に空間の中央，壁際，隅部の3条件とした (Fig.3-5)。

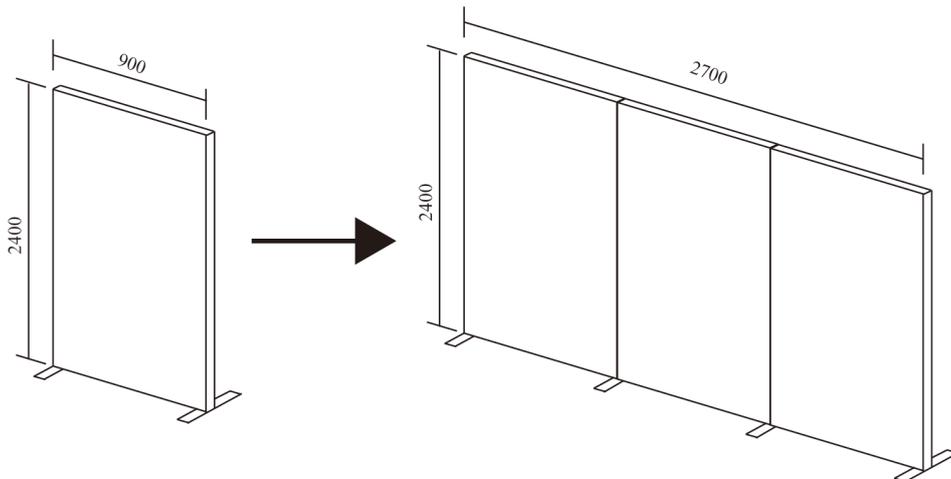


Fig.3-4 衝立(左：一枚，右：連結)

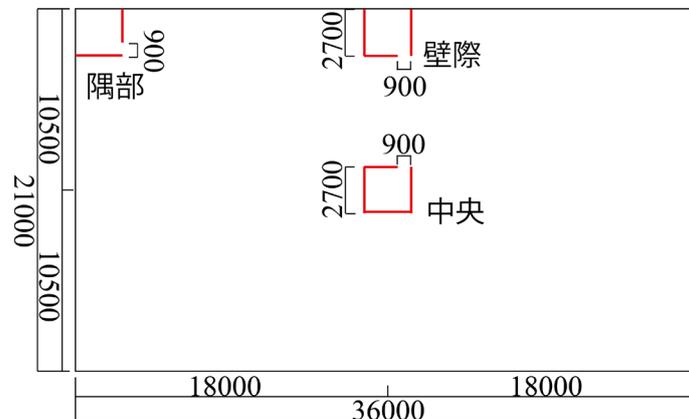


Fig.3-5 衝立配置

## 衝立形状

衝立形状を以下の Table.3-2 に示す。中央：4 条件(二の字, L 字, コの字, 口の字\_開口), 壁際：3 条件(一の字, 二の字, コの字\_開口), 隅部：2 条件(一の字, L 字\_開口)の計 9 条件で行った。また, 各配置で衝立なしの条件でも測定を行っている。

Table.3-2 衝立形状

配置	中央	壁際	隅部
形状	二の字	一の字	一の字
	L字	二の字	L字_開口
	コの字	コの字_開口	
	口の字_開口		

## 吸音性

前章の解析結果により吸音の効果が示された。そこで, 上述した各形状で, 衝立内面に吸音材を張り, 吸音性の場合についても測定を行った。(以下, 吸音無し: 反射性衝立, 吸音有り: 吸音性衝立とする)。使用した吸音材はグラスウール(密度: 32k, 厚さ: 100mm)で大きさが一枚あたり 600mm×900mm である。吸音材の写真と吸音材のランダム入射吸音率<sup>[14]</sup>を Fig.3-6 に示す。また, 吸音材を衝立に張った模式図を Fig.3-7 に示す。

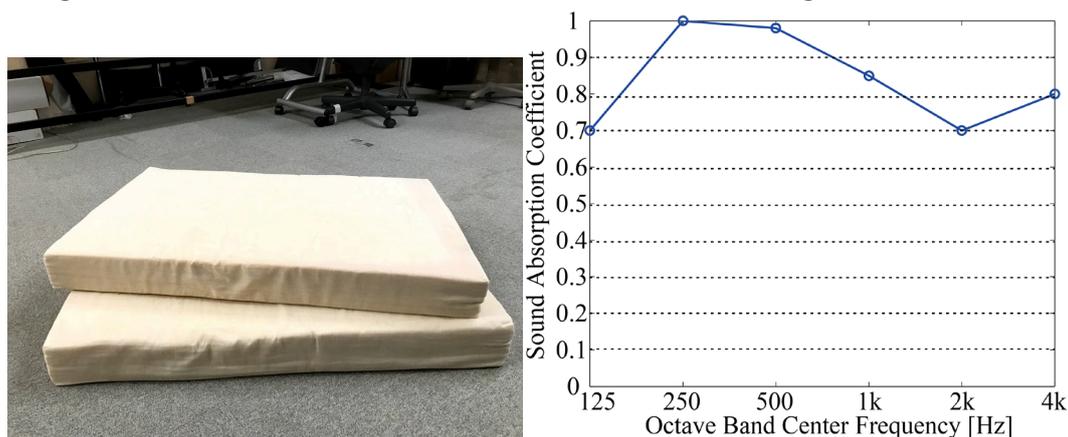


Fig.3-6 吸音材(左: 写真, 右: 吸音率)

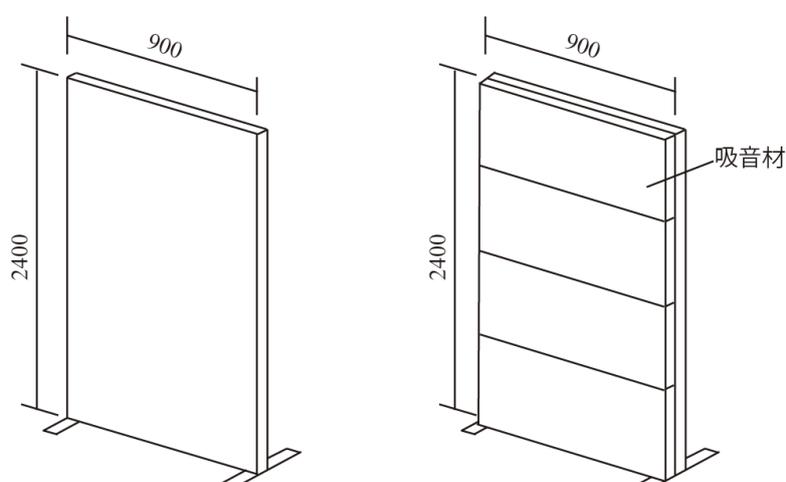


Fig.3-7 衝立模式図(左: 反射性衝立, 右: 吸音性衝立)

## 音源・測定点

### ■音源(Src)

音源について Table.3-3 に示す。音源は空間の短辺の中心線上で壁面から 2m の位置で床面上にスピーカを壁向きに設置した。スピーカを壁に向けることで直接音が受音点に到来しないようにした。音源はピンクノイズを使用し、音源長は 30sec とした。2 つのスピーカから再生するピンクノイズが同じであると位相が一致してしまうため、異なるピンクノイズを作成し使用した。

Table.3-3 音源の設定

音源	ピンクノイズ
音源長さ	30[sec]
サンプリング周波数	48000Hz

### ■測定点(Rec)

測定点について Table.3-4 に示す。測定点は局所空間の中心とし、マイクロホンの高さ 0.1m と 1.2m とした。0.1m は床面上にマイクロホンを置くことができないため、高さ 0.0m を想定している。測定時間は 10sec とした。測定する際の騒音計の設定は時間特性を FAST にし、周波数特性フィルタは Z 特性(周波数補正なし)とした。

Table.3-4 測定点の設定

高さ	0.1m/1.2m
測定時間	10[sec]
時間特性	FAST
周波数特性フィルタ	Z特性

音源－測定点間の距離は最短でも 10m 以上であるため、直接音と拡散音の大きさが等しくなる距離である臨界距離<sup>[14]</sup>は 3.21m であるため、拡散音が支配的な音場であるといえる。臨界距離は次章で述べるインパルス応答測定から算出した配置が中央、衝立なしの残響時間の 500-1000Hz の平均値から計算した。

前述した音源、測定点、配置および形状の関係を Fig.3-8 にまとめる。また、測定風景を Fig.3-9 に示す。

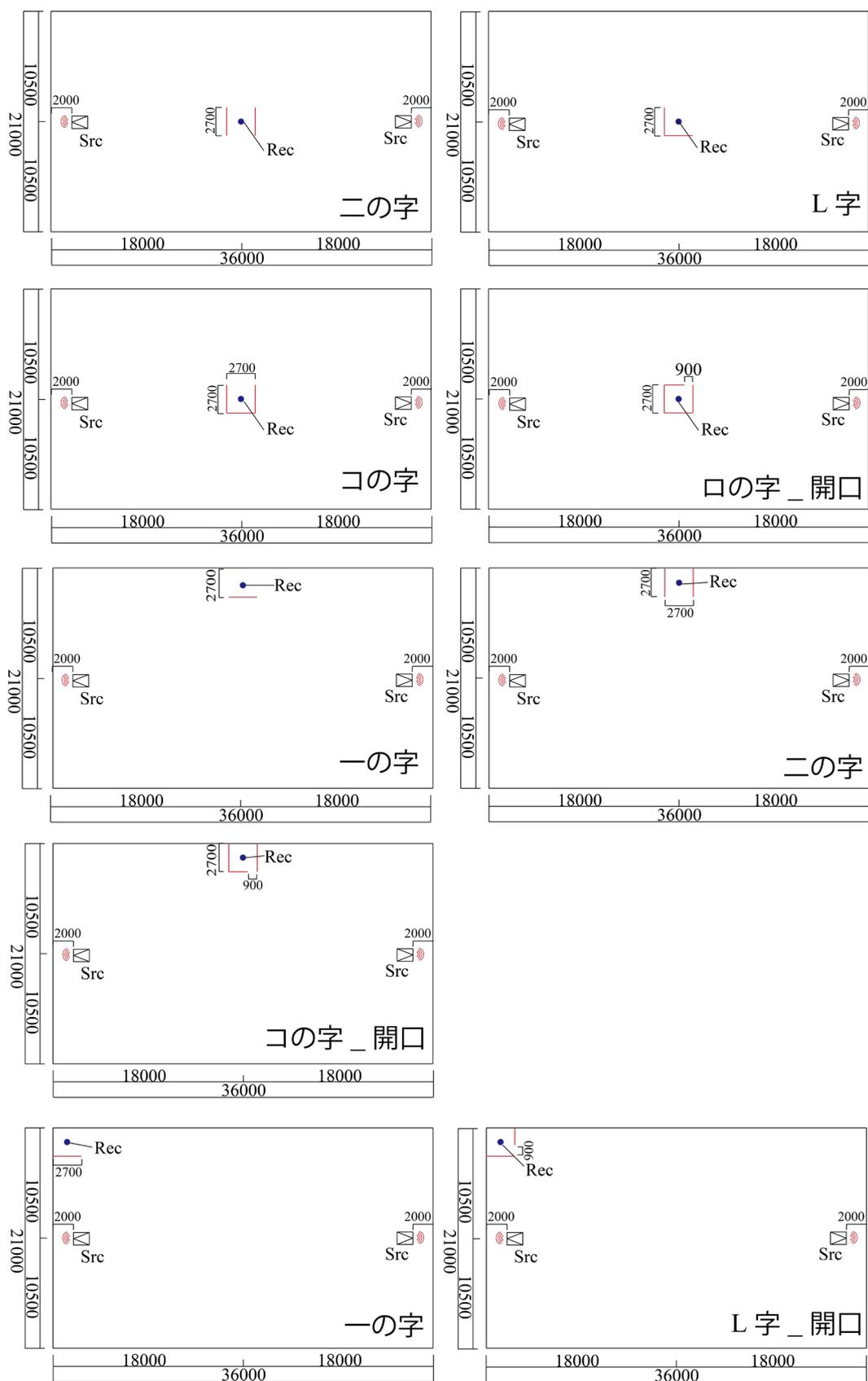


Fig.3-8 測定図

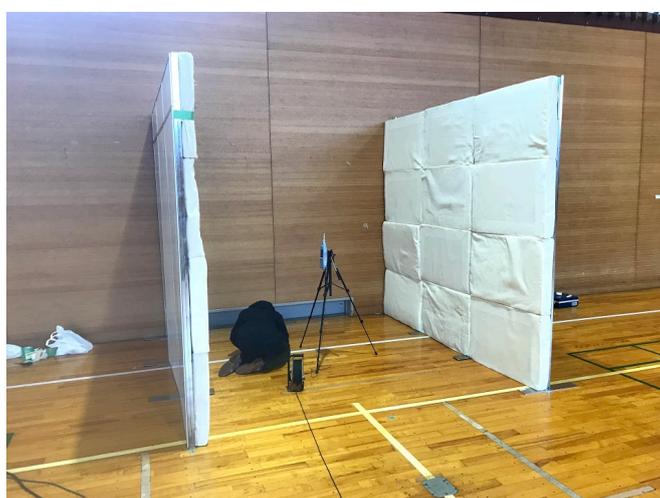


Fig.3-9 測定風景(上段：中央，中段：壁際，下段：隅部)

## 測定機材

音圧レベル測定で使用した測定機材をおよび測定システムを Table.3-5, Fig.3-10, に示す。また、測定機材の写真を Fig.3-11, Fig3-12 に示す。

再生系は、ソフトウェアで作成したピンクノイズをパソコンからオーディオインターフェイスに送り、デジタル信号をアナログ信号に変換しスピーカから音を流した。

受音系は、精密騒音計のマイクロホンで計測した。また、同時にマイクロホンで受音した音をアナログ信号に変換しオーディオインターフェイスに送り、電気信号に変換した後、パソコンに送り、パソコン内の音響ソフトで録音した。音源生成や録音には Adobe 社のソフトを使用した。

Table.3-5 測定機材

	機材分類	メーカー	品番
音源システム	PC	Apple	MacBook Pro
	オーディオインターフェイス	RME	FirefaceUCX
	スピーカ	GENELEC	8050A
受音システム	精密騒音計	RION	NA-28
ソフトウェア	音源生成、録音ソフトウェア	Adobe	Audition

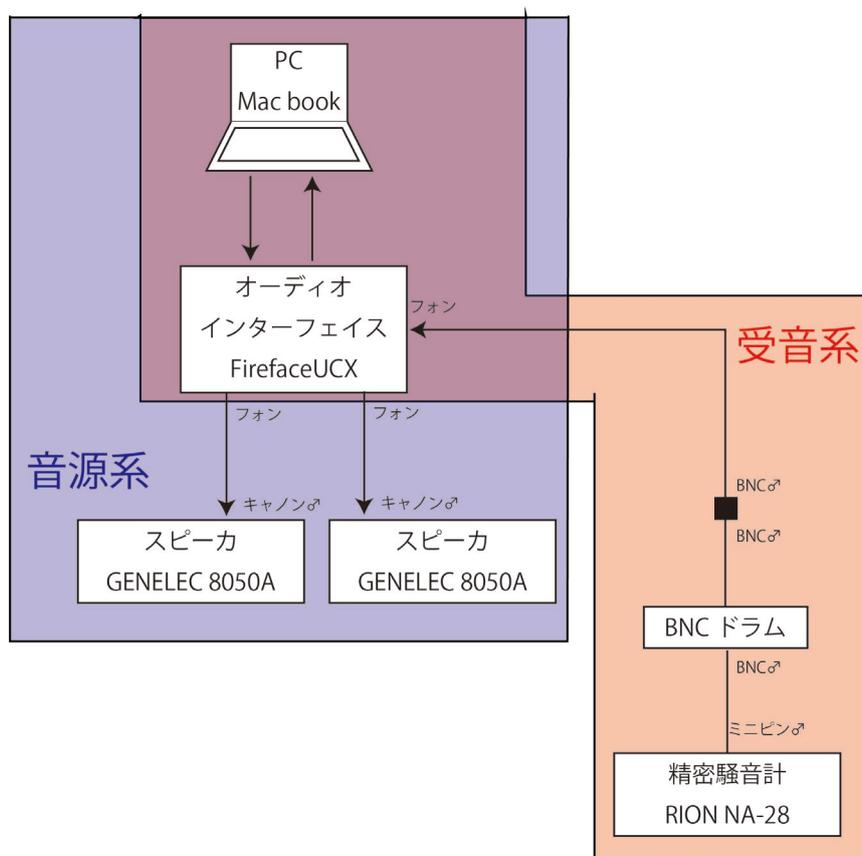


Fig.3-10 測定システム



Fig.3-11 測定機材(左 : GENELEC 8050A, 右 : NA-28)



Fig.3-12 測定機材(FirefaceUCX)

### 3.3 測定結果・考察

局所空間内外の遮音性能として、衝立設置前後の音圧レベル差から挿入損失を算出して用いる。設置前から設置後を引いているため、正の値となると遮音性能があるとみなせる。

#### 3.3.1 配置に関する検討

中央、壁際、隅部としたときの口の字\_開口、コの字\_開口および L 字\_開口の遮音性能の違いを検討する。挿入損失の算出結果を Fig.3-13 に示す。

反射性衝立では、500Hz 以降では配置によらず同様の傾向となり、周波数の上昇に伴って挿入損失は若干増加するものの、5dB 以下となっている。一方で、500Hz 以下では配置によって異なる傾向がみられ、中央と壁際では位相干渉による挿入損失が負の値となる周波数帯域もみられる。いずれの配置でも遮音性能はほとんどない。

吸音性衝立では、反射性と比べて全周波数域で挿入損失は大きく増加している。高音側に着目すると、隅部では 7~8dB 程度に留まっているが、壁際は 1kHz 以上、中央では 500Hz 以上で 10dB を超えていることが確認できる。一方、315Hz 以下の低音域では、隅部で 3dB 程度、中央で 6dB 程度の挿入損失となっている。

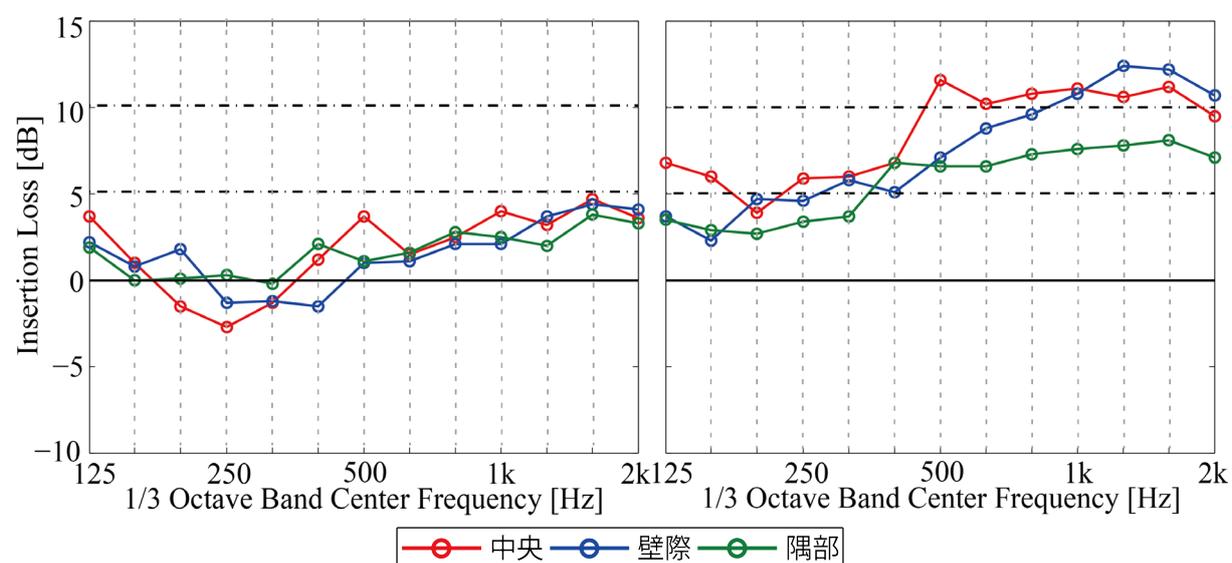


Fig.3-13 配置による比較(左：反射性，右：吸音性)

### 3.3.2 形状に関する検討

各配置において、形状の違いによる遮音性能の違いを検討する。形状は前述した、中央：4条件、壁際：3条件、隅部：2条件である。各形状において反射性衝立、吸音性衝立の2条件で行った。各配置、各形状の角度平均・全方向平均の詳細な数値は付録Dに示している。

#### ◆中央

各形状の挿入損失の算出結果を Fig.3-14 に示す。

反射性衝立は、500Hz 未満では形状による傾向の差が小さく、いずれの形状も位相干渉などの波動現象の影響から挿入損失が負の値となる周波数帯域もみられる。一方、500Hz 以降で形状による差がみられる。L 字では他の形状に比べ低い値となっており、負の値となる周波数もみられる。その他の形状ではすべての周波数で正の値となっており、周波数の上昇に伴い挿入損失が上昇している。L 字が他の形状に比べ挿入損失が低くなっているのは、測定点から片方の音源が見通せることから衝立による遮蔽効果が小さいためと考える。また、1kHz 以降では観測点を囲む面数が多いコの字が二の字よりも遮音性能が悪くなる結果となった。これは、開口部から入射した音が局所空間内で反射している影響ではないかと考える。しかし、いずれの形状においても 5dB 以下にとどまっている。

吸音性衝立は、いずれの周波数でも形状よる傾向の違いがみられ、いずれの形状も反射性衝立に比べて挿入損失が上昇している。遮音性能は周波数によらず L 字、二の字、コの字、ロの字\_開口の順に良い結果となっている。吸音性衝立では、遮蔽する面が多いほど、遮音性能が高くなることを確認できる。L 字は周波数によらずほぼ一定の挿入損失となるが、二の字では 630Hz 以降、コの字やロの字\_開口では 500Hz 以降で上昇し、その後ほぼ一定の値となっている。ロの字\_開口では 10dB 以上の大きな遮音性能が確認できる。

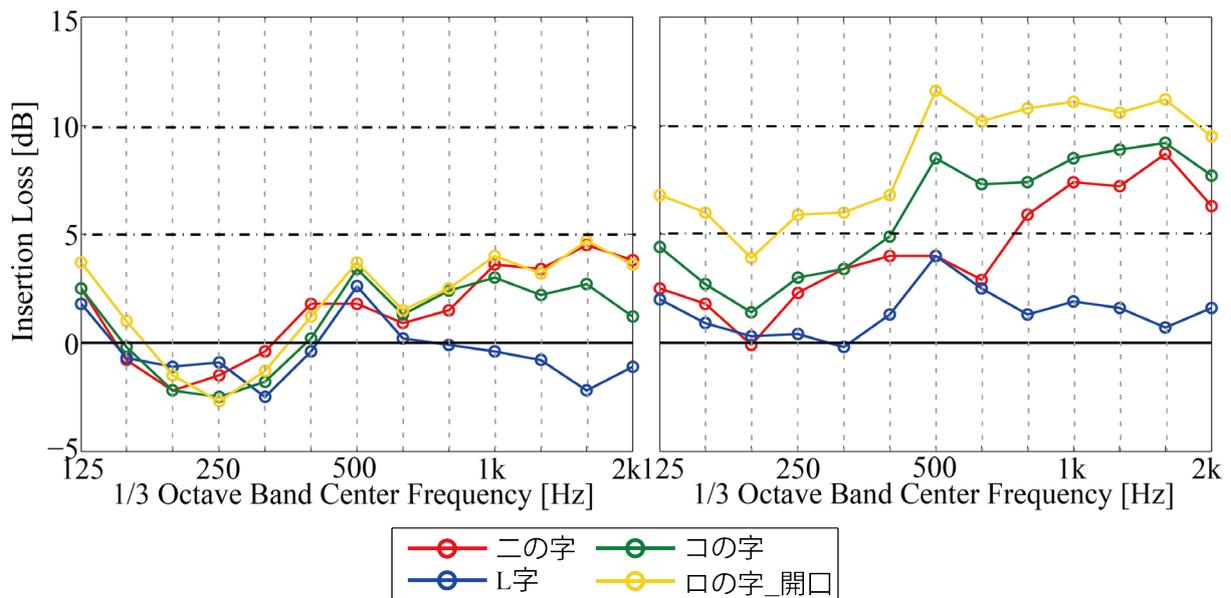


Fig.3-14 中央配置の形状比較(左：反射性，右：吸音性)

## ◆壁際

各形状の挿入損失の算出結果を Fig.3-15 に示す。

反射性衝立は、500Hz 未満では一の字と二の字・コの字\_開口に傾向が分かれている。一の字では位相干渉などの波動現象の影響から変動はあるものの周波数によらずほぼ 0dB であるが、二の字やコの字\_開口では 200Hz 以下で上昇がみられる。一方、500Hz 以降では、周波数の上昇に伴って形状による違いが現れている。一の字は周波数が上昇しても 1dB 以下または負の値であるのに対し、二の字、コの字\_開口では正の値となっている。しかし、最大で 4dB 程度に留まっており低い遮音性能となっている。500Hz 以降で見られる形状の違いは、一の字は音源がある方向に開口があり、二の字、コの字では音源の方向に衝立があるため高い周波数では衝立による遮蔽効果があったと考える。

吸音性衝立は、いずれの周波数でも形状によって異なる傾向となる。一の字では反射性衝立と比べ、挿入損失の上昇がほとんどみられない。一方、二の字、コの字\_開口はいずれの周波数でも大きく上昇し、500Hz 以降で顕著に上昇している。二の字では約 5dB~8dB、コの字\_開口では約 8dB~12dB と大きな遮音性能が得られる。

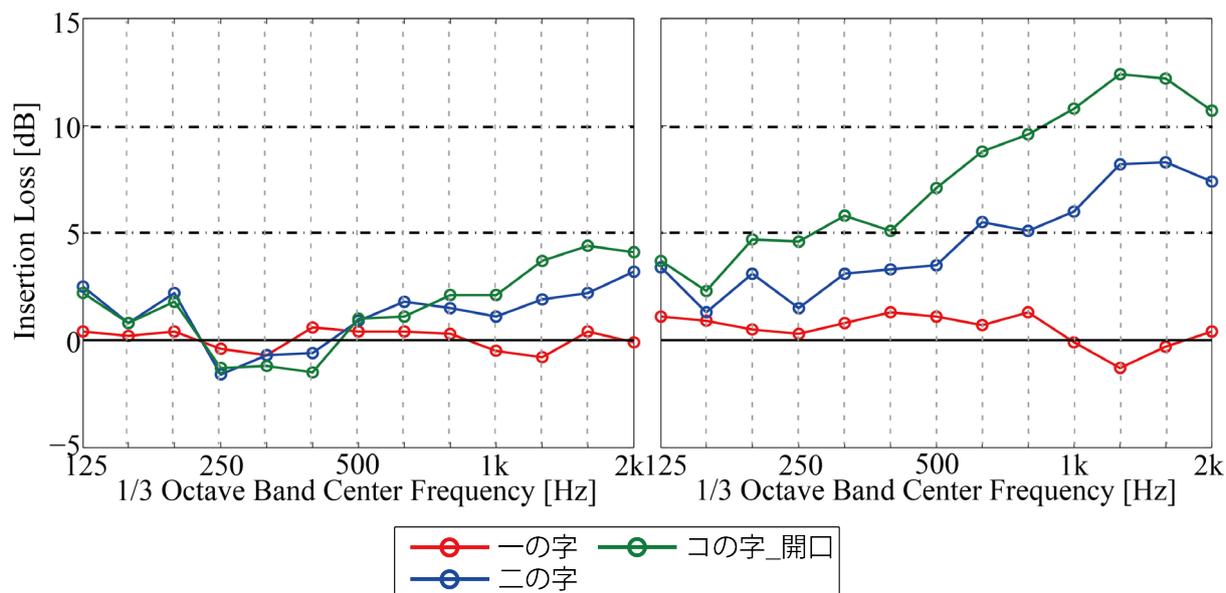


Fig.3-15 壁際配置の形状比較(左：反射性，右：吸音性)

## ◆隅部

各形状の挿入損失の算出結果を Fig.3-16 に示す。

反射性衝立では、500Hz 未満では形状による傾向の違いは見られず、中央、壁際に見られた周波数ごとの変動が小さくほぼ 0dB となっている。一方、500Hz 以降では形状による差がみられ一の字に比べ L 字\_開口で挿入損失が大きくなっている。また、一の字では周波数によらず一定なのに対して L 字\_開口は周波数の増加に伴って挿入損失が増加している。

吸音性衝立では、いずれの形状も反射性衝立に比べ挿入損失の上昇がみられる。一の字では周波数によらず 2~3dB 程度、L 字開口では 400Hz 以降で上昇し 6dB~8dB 程度となっている。

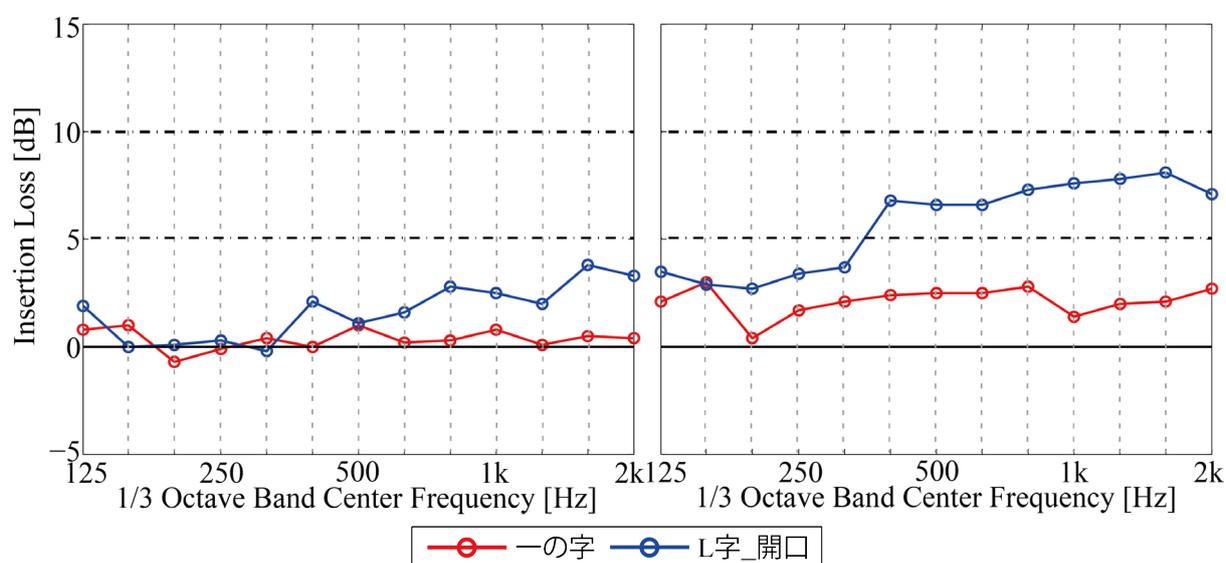


Fig.3-16 隅部配置の形状比較(左：反射性，右：吸音性)

### 3.3.3 測定点高さ 1.2m における検討

測定点高さを 1.2m の遮音性能を検討する。配置，形状および吸音性の有無は前節の測定点高さ 0.0m と同様の条件である。

#### ◆中央

各形状の算出結果を Fig.3-17 に示す。Fig.3-17 には比較のために，測定点高さ 0.0m の結果を合わせて記載している。

反射性衝立は 0.0m と同様に 500Hz を境に違いが確認できる。500Hz 未満では形状による傾向の違いがみられず，いずれの形状でも負の値になる周波数帯域がある。よって，位相干渉などの波動現象による影響が 1.2m でも確認できる。一方，500Hz 以降では形状による傾向の違いがみられ，L 字は負の値となっているが，その他の形状では周波数の上昇に伴い挿入損失が増加している。しかし，最大で 4dB 以下と低い遮音性能となっている。

吸音性衝立は，いずれの形状，周波数においても挿入損失の上昇がみられ，形状による違いがより顕著になっている。コの字やコの字\_開口では，6~10dB である。

続いて，測定高さの違いに着目する。反射性衝立，吸音性衝立のいずれも 500Hz 未満と 500Hz 以降で違いがみられる。500Hz 未満では，位相干渉の影響から周波数による差はあるが傾向の違いは小さい。一方，500Hz 以降では，測定点を 1.2m とすることで若干低下しており受音点高さを高くすることで挿入損失が低下することが示唆される。

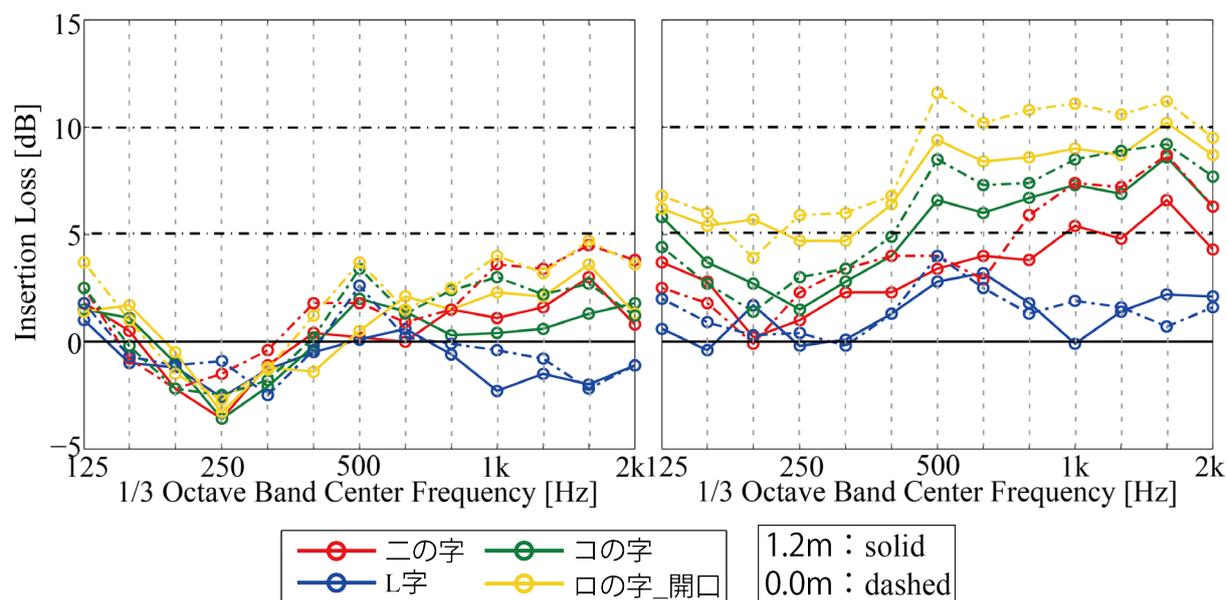


Fig.3-17 中央配置の形状比較(左：反射性，右：吸音性)

## ◆壁際

各形状の算出結果を Fig.3-18 に示す。Fig.3-18 には比較のために、測定点高さ 0.0m の結果を合わせて記載している。

反射性衝立の 500Hz 未満では一の字・二の字とコの字\_開口に傾向の違いがみられる。一の字と二の字ではほぼ 0dB となっているのに対してコの字\_開口は 200Hz 以下で上昇がみられる。しかし、いずれの形状でも負の値になる周波数がみられることから位相干渉による影響が確認できる。一方、500Hz 以降では、各形状で傾向に違いがみられ、一の字では負の値となっている。また、二の字ではほぼ 0dB となっており、コの字\_開口は周波数の上昇に伴い上昇し約 1~3dB である。しかし、いずれの形状でも遮音性能は低い結果となった。

吸音性衝立は、いずれの周波数でも形状によって異なる傾向となる。一の字では反射性衝立と比べ、挿入損失の上昇がほとんどみられない。一方、二の字やコの字\_開口はいずれの周波数でも大きく上昇し、500Hz 以降で顕著に上昇している。二の字では約 5dB~8dB、コの字\_開口では約 8dB~11dB と大きな遮音性能が得られる。

続いて、測定高さの違いに着目する。反射性衝立では 500Hz 未満では床面との位相干渉の影響から周波数によって差がみられる。500Hz 以降では、一の字は測定点高さによらず同様の傾向となっている。二の字は測定点高さ 0.0m に見られた周波数の上昇に伴う上昇がなくなっている。コの字\_開口では 1kHz 以上で違いがあり、測定点高さ 1.2m では減少している。吸音性では、いずれの形状も同様の傾向となるが二の字やコの字\_開口では測定点高さを 1.2m とすることで若干の低下がみられる。

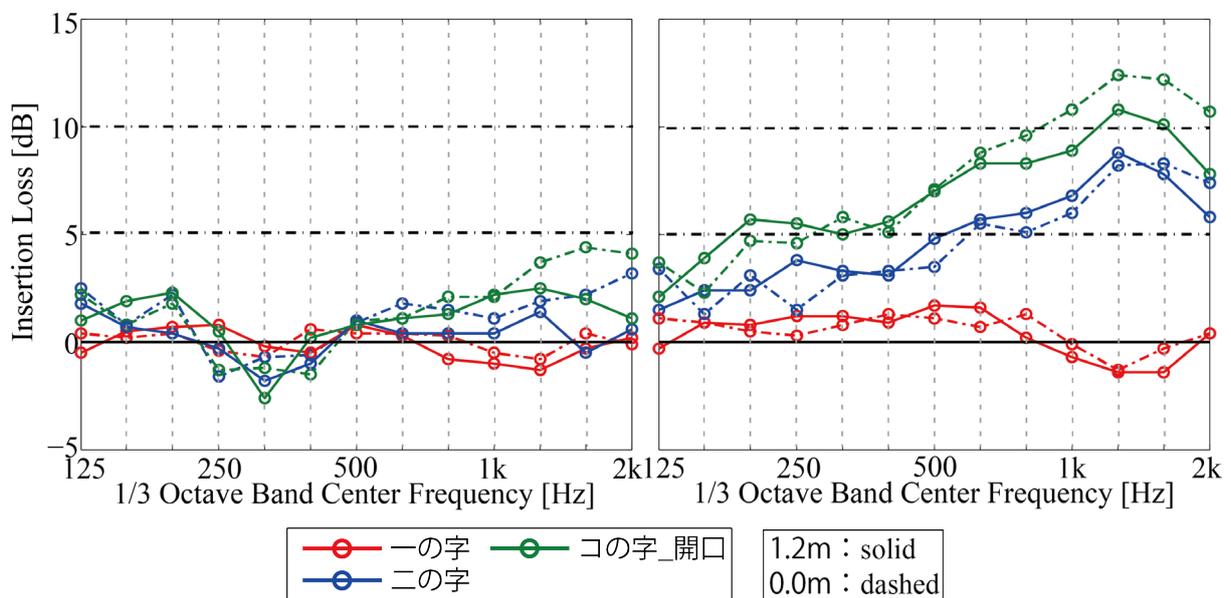


Fig.3-18 壁際配置の形状比較(左：反射性，右：吸音性)

## ◆隅部

各形状の算出結果を Fig.3-19 に示す。Fig.3-19 には比較のために、測定点高さ 0.0m の結果を合わせて記載している。

反射性衝立では、一の字は 315Hz 以下ではほぼ 0dB となっているが、L字\_開口では周波数帯域によって違いが確認できる。一方、315Hz 以降では、一の字ではほとんど上昇がみられないが L字\_開口では若干の上昇している。しかし、最大でも 4dB 以下であり遮音性能は低い。

吸音性衝立では、いずれの形状においても上昇がみられるが一の字は増加幅が小さい。一方、L字\_開口は大きく増加し、400Hz 以降で大きく上昇している。

続いて、測定高さの違いに着目する。反射性衝立、吸音性衝立のいずれも測定点高さを変えてもほとんど変わらず同様の傾向となることが確認できる。

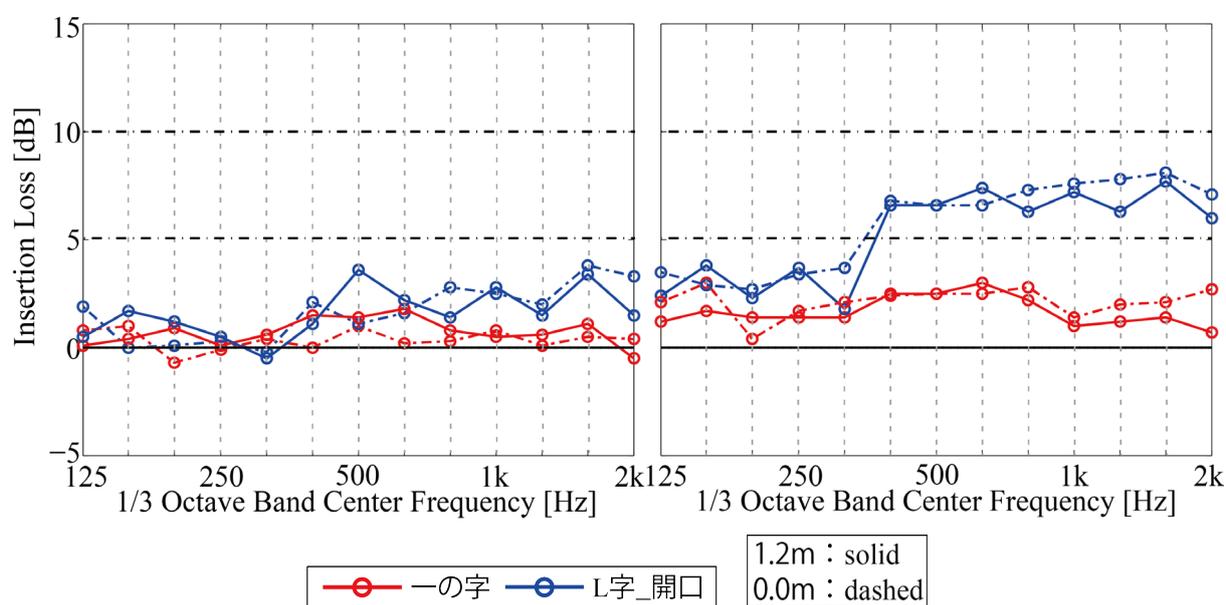


Fig.3-19 隅部配置の形状比較(左：反射性，右：吸音性)

### 3.4 測定結果と解析結果の比較

測定結果と解析結果の全方向平均の挿入損失を比較し、対応を確認する。対応の確認は以下の配置・形状について行った。

衝立の配置：中央，壁際，隅部

衝立の形状：中央→口の字\_開口，二の字，L字，コの字

壁際→コの字\_開口，一の字，二の字

隅部→L字\_開口，一の字

#### ◆中央

各形状の解析結果と測定結果の比較を Fig.3-20~Fig.3-23 に示す。

L字は、500Hz 未満において反射性衝立では乖離がみられるが吸音性衝立では吸音率 0.2 と対応がよい。500Hz 以降では反射性衝立，吸音性衝立のいずれも解析と実測の対応がよい結果となった。一方，二の字やコの字，口の字\_開口は反射性衝立，吸音性衝立のいずれも乖離がみられる。500Hz 未満では解析値の吸音率 0.2 と 0.8 の間にあることから乖離の原因は，吸音性のモデル化によるものであると考える。解析モデルでは，インピーダンス境界を用いて吸音性をモデル化しているため，実験で使用した吸音材の厚みなどが考慮できていないのが原因であると推察される。500Hz 以降における大きな乖離は，吸音性のモデル化の違いに加えて，解析と実験の音場の違いであると考えられる。解析は半球面上のあらゆる方向から音が同じ強さで入射する音場となっているが，実験は拡散音が支配的ではあるがあらゆる方向からの入射する拡散音場にはなっていないためと考える。

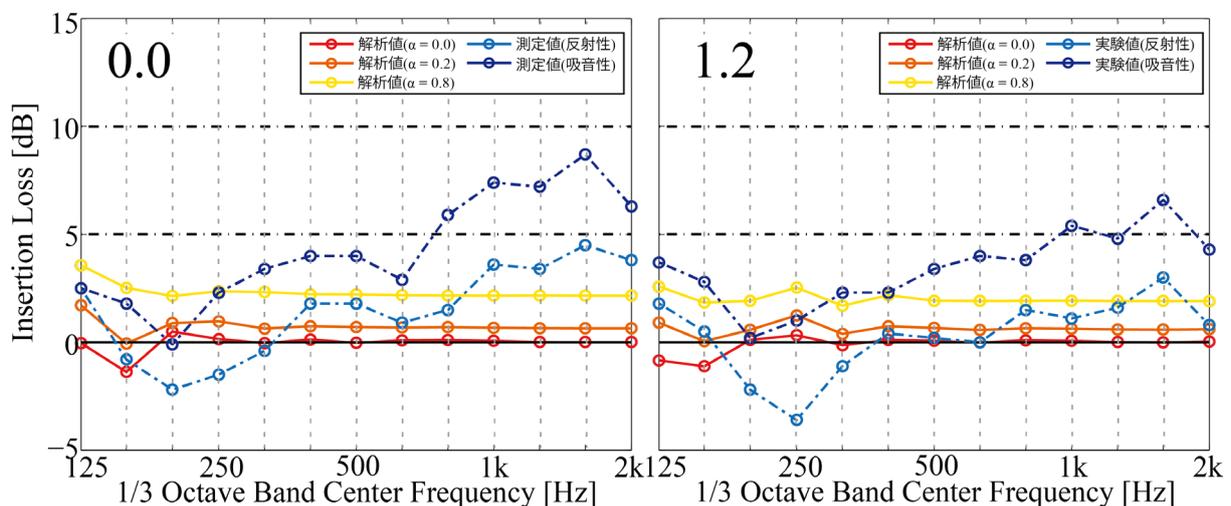


Fig.3-20 測定結果と解析結果の比較(形状：二の字)

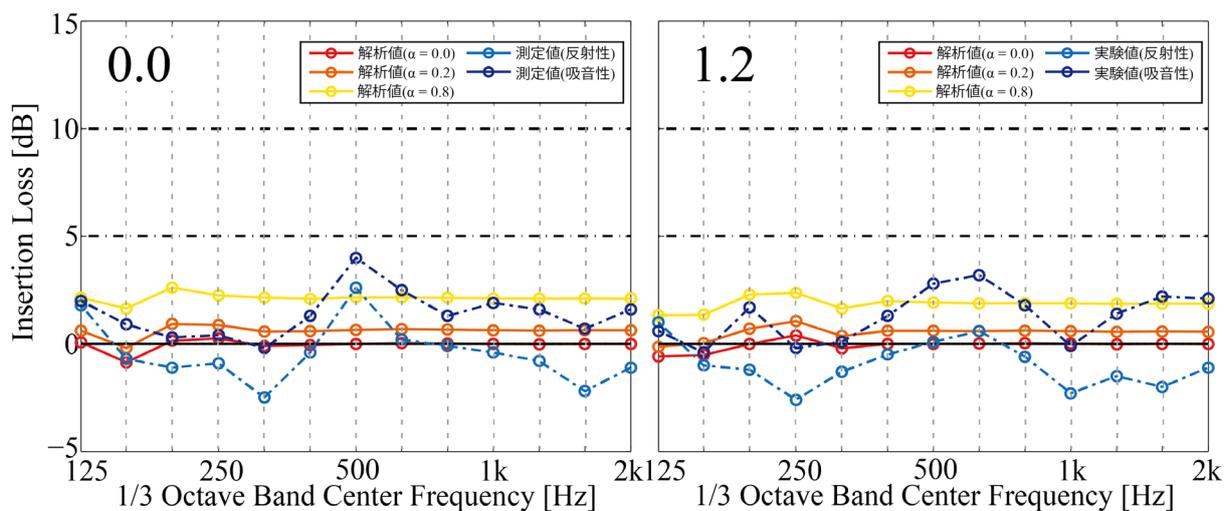


Fig.3-21 測定結果と解析結果の比較(形状 : L字)

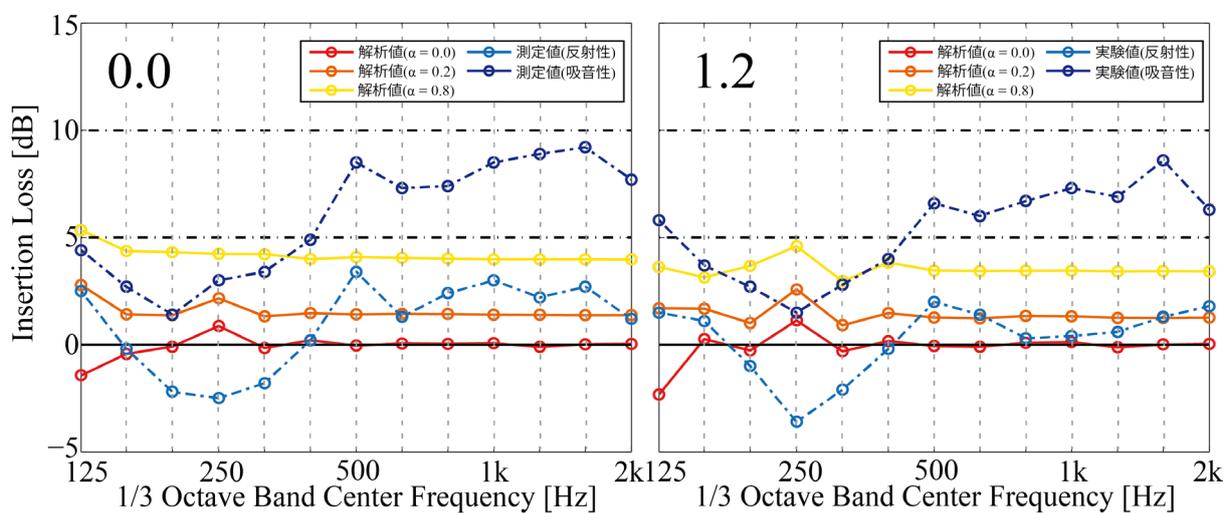


Fig.3-22 測定結果と解析結果の比較(形状 : コの字)

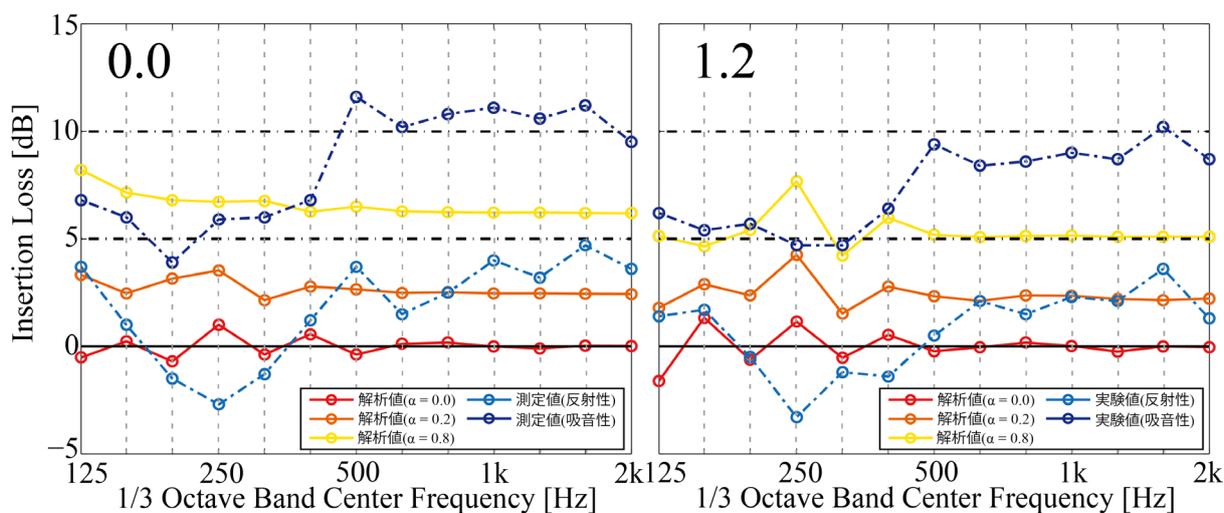


Fig.3-23 測定結果と解析結果の比較(形状 : コの字\_開口)

## ◆壁際

各形状の解析結果と測定結果の比較を Fig.3-24~Fig.3-26 に示す。

反射性衝立, 吸音性衝立のいずれも一の字では, 解析と実測がよく対応する結果となった。一方, 二の字, コの字\_開口では中央と同様に反射性衝立, 吸音性衝立のいずれの周波数でも乖離がみられる。特に, 吸音性の 500Hz 以降で大きく乖離していることが確認できる。解析結果と測定結果が乖離している原因としては, 中央と同様の原因が考えられる。

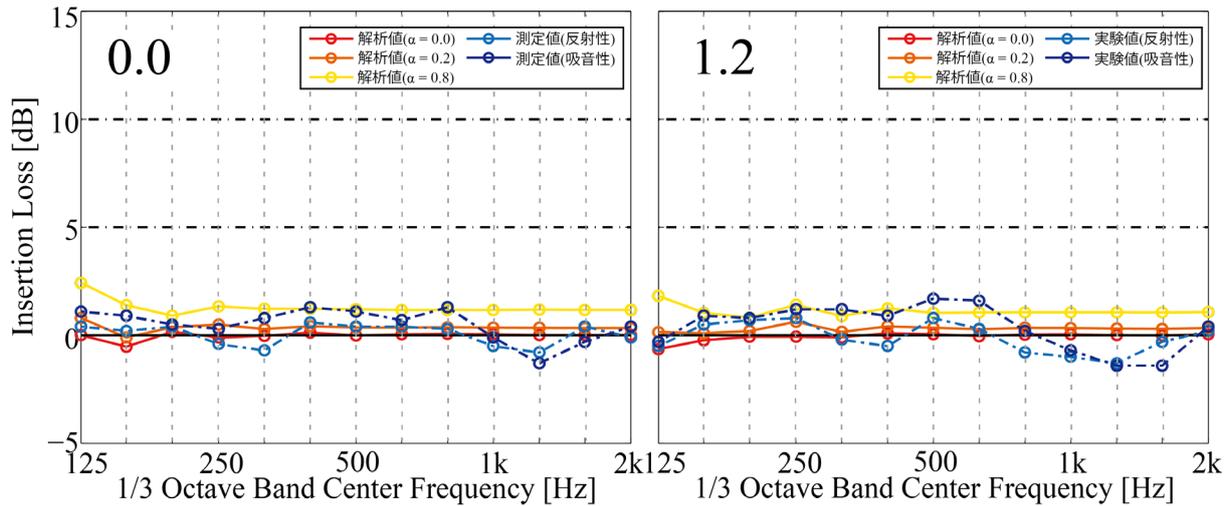


Fig.3-24 測定結果と解析結果の比較(形状：一の字)

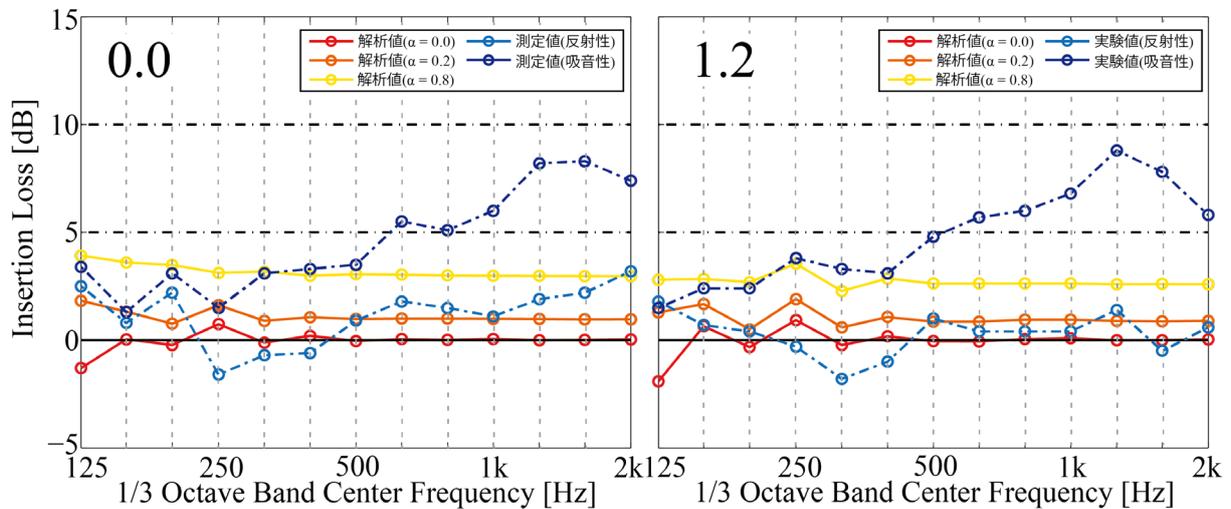


Fig.3-25 測定結果と解析結果の比較(形状：二の字)

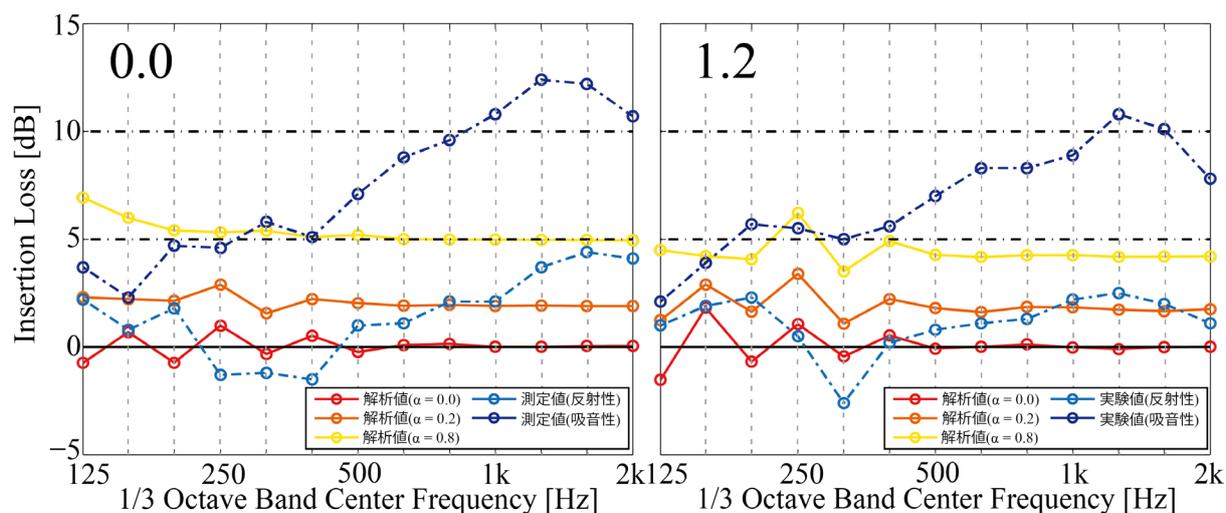


Fig.3-26 測定結果と解析結果の比較(形状：コの字\_開口)

◆隅部

各形状の解析結果と測定結果の比較を Fig.3-27~Fig.3-28 に示す。

一の字は、反射性衝立、吸音性衝立のいずれも解析と実測がよく対応する結果となった。しかし、L字\_開口では反射性、吸音性ともに 400Hz 以降で乖離がみられる。特に、吸音性の 400Hz 以降で大きく乖離している。解析と実験が乖離している原因としては、中央、壁際と同様の原因である考えられる。

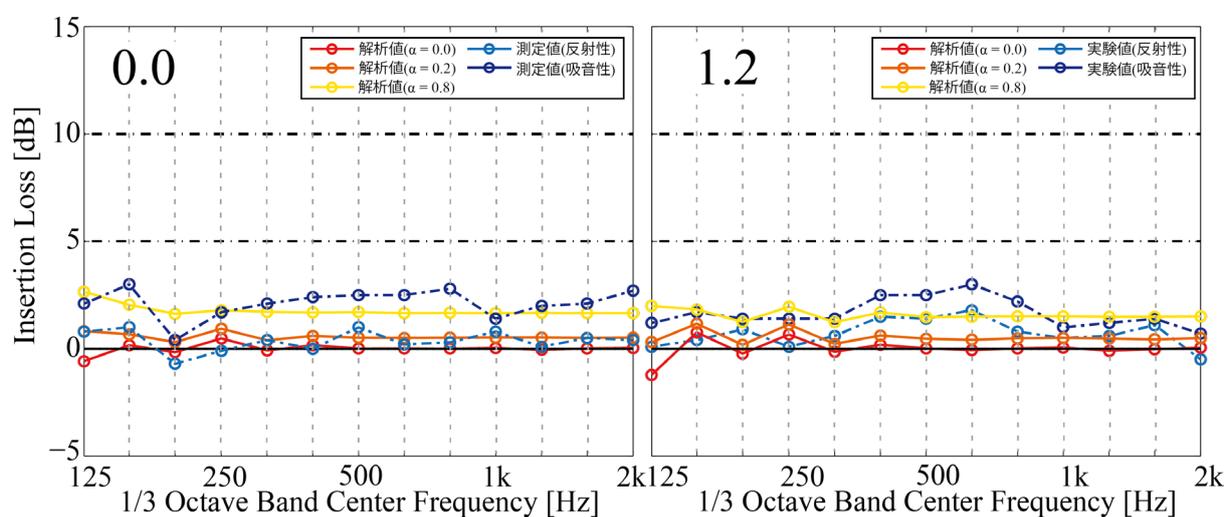


Fig.3-27 測定結果と解析結果の比較(形状：一の字)

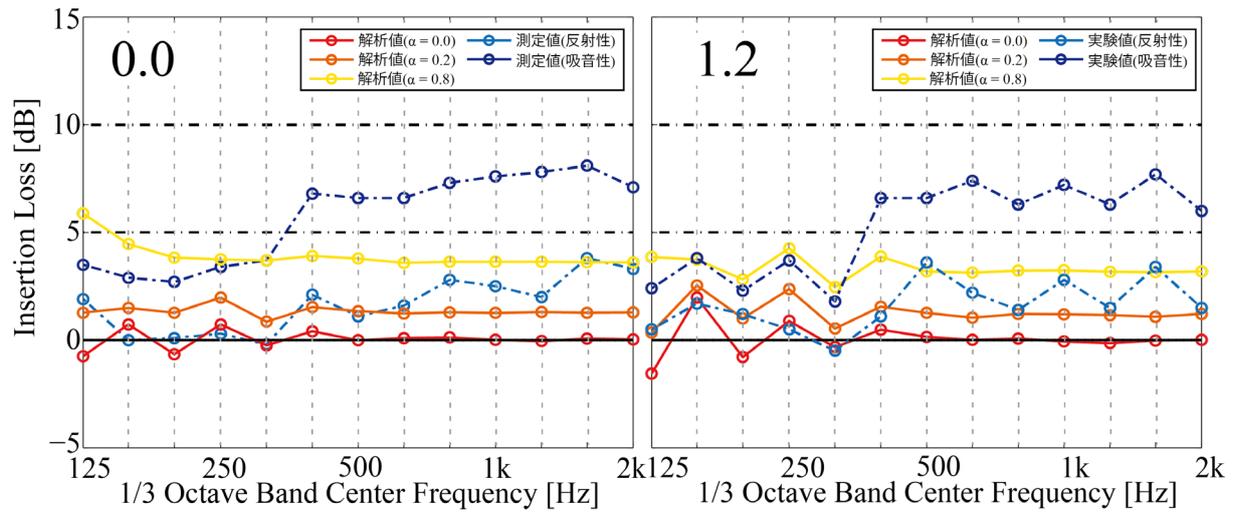


Fig.3-28 測定結果と解析結果の比較(形状：L字\_開口)

### 3.5 まとめ

本章では、体育館において鋼製衝立を複数枚使用し設けた上部開口の局所空間内における外部音源に対する遮音性能を検討した。また、数値解析との対応についても検討を行った。

配置の違いによる検討では、反射性では 500Hz 以下で傾向に違いがみられ、中央や壁際では位相干渉によって負となってしまう周波数帯域があることが確認された。一方、1kHz 以降はいずれの配置でも同様の傾向となり周波数の増加に伴って増加する。吸音性では全周波数帯域で大きく増加し、配置によっては 10dB を超える挿入損失が得られることが示された。

衝立形状を変化させた検討では、いずれの配置においても形状による違いが確認された。特に、吸音性では顕著な違いがあらわれ、局所空間を構成する面数が多いほど遮音性能が高いことが確認された。しかし、音源方向に開口があるような形状では挿入損失が小さいことから想定される音源方向を衝立で遮蔽することが必要であることが示唆される。

測定点高さの違いに関する検討では、中央と壁面では 500Hz を境に 0.0m と傾向に違いが確認できた。500Hz 以下では床面との位相干渉の影響から周波数帯域によって差がある。また、1kHz 以降では若干低下することが確認できた。

解析値と実測値の比較では、解析値と実測値がほとんどの条件で乖離する結果となった。特に、吸音性において大きくなることが確認される。これは、実測と解析モデルの音場条件による違いや吸音性のモデル化の影響と考えられる。そのため解析モデルの精緻化や音場条件の改善によってより近い値となると考える。

上記のことから、局所化することで外部音源に対する遮音性能があることが確認できた。また、いずれの配置や形状でも吸音性とすることでより大きな遮音性能を期待できることが示唆された。

## 第 4 章

# 大空間の衝立を用いた局所化による室内音響特性に関する実験的検討

### 4.1 はじめに

前章までに局所化による遮音性能について数値解析および実測によって検討を行った。本章では、局所空間内の音響特性を確認するため、インパルス応答測定を行った。インパルス応答とは室内において音源としてインパルスを放射しある受音点で得られる応答のことであり、ある空間で音がどのように伝搬しているかを時系列信号としてあらわしたものである<sup>[15]</sup>。インパルス応答から残響時間等の 4 つの室内音響指標  $T_{30}$ 、EDT、D50、STI と絶対音圧レベルを算出した<sup>[16][17]</sup>。算出した室内音響特性により、局所化による音響特性の変化を確認する。

### 4.2 測定概要

実験施設及び衝立の配置、吸音性の有無などの実験条件は前章の遮音性能測定と同様である。遮音性能測定とは異なる条件について以下で詳細を述べる。具体的には、音源・測定点、衝立の形状および測定機材である。また、インパルス応答測定より算出した室内音響指標について述べる。

#### 音源・測定点

##### ■音源点・測定点の位置

局所空間内での会話を想定し、音源から測定点までの距離を 2.0m とした。高さは音源点 1.3m、測定点 1.2m とした。音源・測定点と開口の位置関係が配置によって異なるが相反測から音源・測定点を入れ替えても問題ないと考えられる。

##### ■音源

音源の設定について Table.4-1 に示す。音源は、インパルス信号を周波数ごとに異なる

時間遅延フィルタに通し時間軸上で伸張された伸張パルス信号(TSP 信号)を用いた。TSP 信号をスピーカから出力した際の伸張パルス応答を測定し、測定された応答に信号圧縮処理を行うことでインパルス応答を求めることができる<sup>[15]</sup>。

Table.4-1 音源の設定

音源	TSP信号
サンプリング周波数	48000Hz
音源長	2.731[sec]
同期加算回数	10回

### 衝立の形状

衝立形状を以下の Table.4-2 に示す。衝立形状はより現実の空間で使用されることが想定される形状のみに絞って行った。中央は 2 条件(コの字, ロの字\_開口), 壁際は 2 条件(二の字, コの字\_開口), 隅部は 2 条件(一の字, L字\_開口)で行った。また、各配置において参照条件として衝立なしの条件でも行った。

Table.4-2 衝立形状

配置	中央	壁際	隅部
形状	コの字	二の字	一の字
	ロの字 開口	コの字 開口	L字 開口

上述した、衝立形状と音源、測定点の関係を Fig.4-1 に示す。また、測定時の写真を Fig.4-2 に示す。

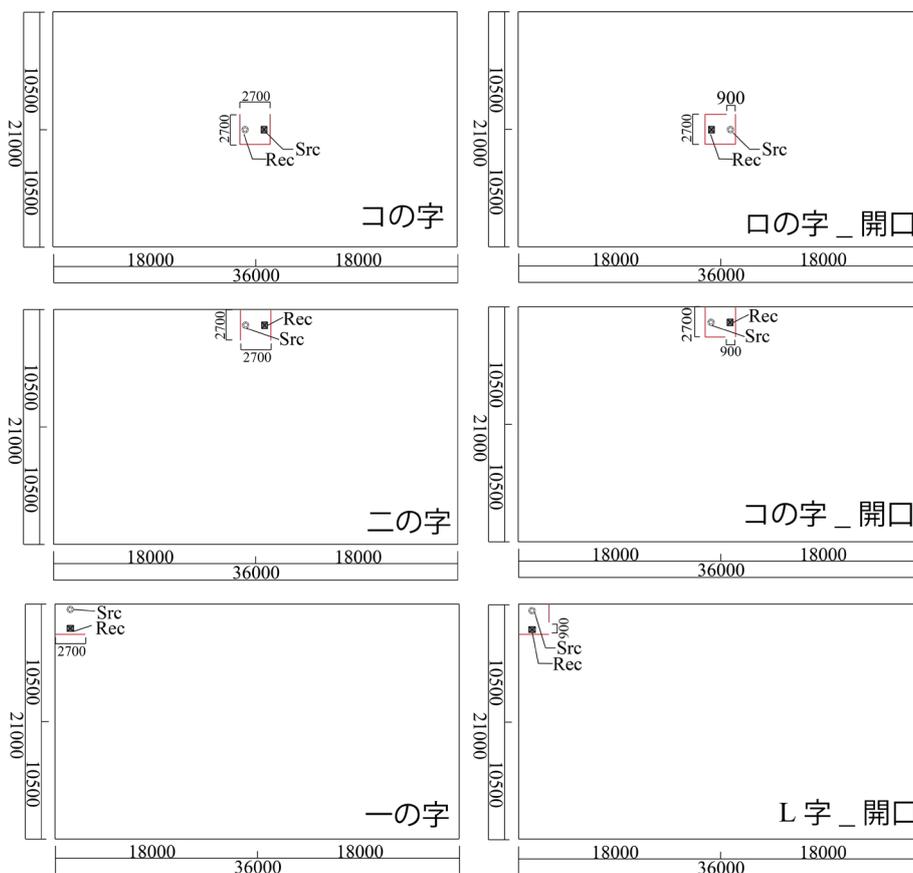


Fig.4-1 測定図

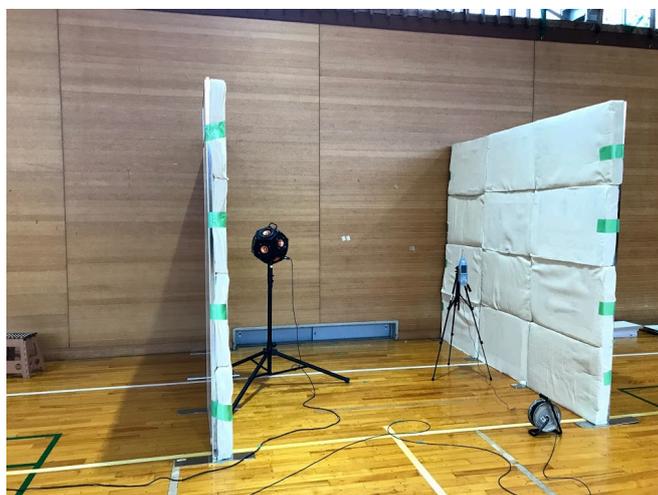


Fig.4-2 測定風景(上段：中央，中段：壁際，下段：隅部)

## 測定機材

インパルス応答測定で使用した測定機材および測定システムを Table.4-3, Fig.4-3 に示す。また、測定機材の写真を Fig.4-4, Fig.4-5 に示す。

再生系は、PC 内で作成した TSP 信号をオーディオインターフェイスに送り、デジタル信号からアナログ信号に変換し 12 面体スピーカから流した。12 面体スピーカを使用することで無指向性音源とみなすことができる。

受音系は、精密騒音計のマイクロホンで受音した音をアナログ信号に変換しオーディオインターフェイスに送り、電気信号に変換した後、PC に送り、パソコン内のソフトウェアで信号処理を行った。

Table.4-3 測定機材

	機材分類	メーカー	品番
音源システム	PC	Apple	MacBook Pro
	オーディオインターフェイス	RME	FirefaceUCX
	12 面体スピーカ	Bruel&Kjaer	4296
	パワーアンプ	Bruel&Kjaer	2716
受音システム	精密騒音計	RION	NA-28
ソフトウェア	音源生成、信号処理	Matlab	

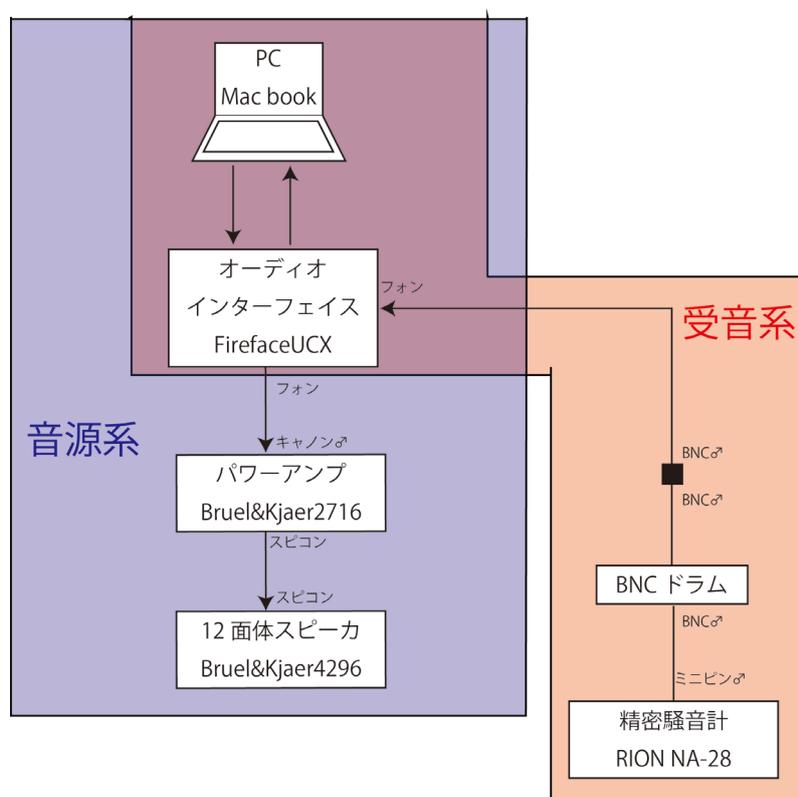


Fig.4-3 インパルス応答測定システム



Fig.4-4 測定機材



Fig.4-5 測定機材(左：十二面体スピーカ，右：NA-28)

### 4.3 室内音響指標

本研究でインパルス応答から算出した室内音響指標をまとめる。

#### ■絶対音圧レベル(Absolute Sound Pressure Level)

測定したインパルス応答の二乗積分した値を自由空間(無響室)において 2m 点で測定したインパルス応答を二乗積分した値を基準値として音圧レベルを算出した値。各条件での音の大きさを表す(式 4-1)。

$$\text{Absolute Sound Pressure Level} = \frac{\int_0^{\infty} h^2(t) dt}{\int_0^{\infty} h_{2m}^2(t) dt} \quad (4-1)$$

#### ■残響時間(T<sub>30</sub>)

室内の平均エネルギー密度が定常状態から 60dB 減衰するのに要する時間である。測定したインパルス応答から算出した残響減衰波形の初期レベルに対して、-5~-35dB を回帰区間とした場合を T<sub>30</sub> と呼ぶ。

#### ■初期減衰時間(EDT)

残響減衰の初期の 10dB 部分の減衰傾斜から求めた残響時間。

#### ■音の明瞭度(D<sub>50</sub>)

直接音到来後 50msec までのエネルギーと直接音を含む全エネルギーの比で定義されている。ここでの 0sec は音波到来時刻を指す(式 4-2)。

$$D_{50} = \frac{\int_0^{50\text{msec}} h^2(t) dt}{\int_0^{\infty} h^2(t) dt} \quad (4-2)$$

但し、h(t)：インパルス応答

#### ■話声伝送指標(STIr)<sup>[17]</sup>

Hostgast らは、残響や暗騒音によるスピーチの明瞭度の低下を見かけの SN 比の低下と捉え、スピーチを模した 100%振幅変調波を用いてスピーチの明瞭度を評価する方法を開発した。この方法では、残響やエコー、暗騒音の影響が変調度の変化となってあらわれる

ことから変調度(Modulation Transfer Function : MTF)を測定し、その結果から STI を導いた。

一方で、Schroeder は室内に妨害音がない場合、インパルス応答を二乗した信号のフーリエ変換が変調伝達関数(MTF)と等価であることを示している。したがって、暗騒音の影響を考慮しない場合はインパルス応答から STI を算出することが可能である。

STIr の算出する流れを以下に示す。従来の STI とは式 4-8 における重み付け係数が異なることから区別のため STIr と示される。

- (1) インパルス応答に 1/1 オクターブバンドフィルタを適用し、125Hz～8kHz のエコータイムパターン  $h_k(t)$  を作成する。
- (2) 各エコータイムパターンを二乗したものをフーリエ変換し、0.63～12.5kHz の変調周波数における変調度を求める(式 4-3)。

$$m_{k,fi} = \frac{\int_0^{\infty} h_k^2(t) e^{-j2\pi f_i t} dt}{\int_0^{\infty} h_k^2(t) dt} \quad (4-3)$$

- (3) MTF の算出結果  $m_{k,fi}$  に、低域側に隣接するオクターブバンドからの聴覚マスクングの影響について、式 4-4 を用いてレベルごとに Table.4-4 に示すような AMF(Auditory Masking Factor)の考慮による補正を行う。

$$m'_{k,fi} = m_{k,fi} \frac{I_k}{I_k + I_{k-1} \cdot amf_{k-1} + I_{rt,n}} \quad (4-4)$$

但し、 $I_{rt,k} = 10^{(L_{rt,k})dB/10}$ 、 $I_k = 10^{(LdB_k)}$ 、 $amf = 10^{(amdB/10)}$  である

$I_k$  : 音声周波数帯域ごとの強度(k : オクターブバンド)

$I_{k-1}$  : 低域側に隣接する音声周波数帯域の強度

$LdB_k$  : オクターブバンドレベル

$Amf$  : 聴覚マスクング補正因子

$amdB$  : 聴覚マスクング補正レベル

$I_{rt,k}$  : 最小可聴値を考慮した補正強度

$L_{rt,k}$  : 最小可聴値による補正レベル

聴覚マスクングによる補正レベル(amdB : auditory masking,dB)は、音声と背景騒音がともにある条件下のオクターブバンドレベル(LdB<sub>k</sub>)から Table.4-4 によって値を求め、最小可聴値補正 ART(Absolute Reception Threshold)のレベル  $L_{rt,k}$  は Table.4-5 から求める。

ここでは低域側に隣接するオクターブバンドからのマスキングの影響に加えて、音声の聴取音圧レベルが低い場合に音声信号の変調度が減少するように最小可聴値を考慮した補正を行っている。このように騒音が無視できる状況においても、インパルス応答から MTF を算出する際に、音声の聴取音圧レベルの絶対値が考慮される点に留意する必要がある。

Table.4-4 オクターブバンドレベルと聴覚マスキングによる補正

オクターブバンドレベル(LdB <sub>k</sub> ),dB	LdB <sub>k</sub> <63	63 ≤ LdB <sub>k</sub> <67	67 ≤ LdB <sub>k</sub> <100	LdB <sub>k</sub> ≥ 100
聴覚マスキングによる補正レベル(amdB),dB	0.51LdB <sub>k</sub> -65	LdB <sub>k</sub> -146.9	0.5LdB <sub>k</sub> -59.8	-10

Table.4-5 オクターブバンドごとの最小可聴値による補正

オクターブバンド中心周波数, Hz	125	250	500	1000	2000	4000	8000
最小可聴値による補正レベル(L <sub>ti,k</sub> ),dB	46.0	27.0	12.0	6.5	7.5	8.0	12.0

(4) MTF を等価 SN 比に換算する(式 4-5)

$$SNR_{k,Fi} = 10 \log \frac{m'_{k,Fi}}{1 - m'_{k,Fi}} \quad (4-5)$$

(5) -15dB から+15dB の範囲内で等価 SN 比の明瞭度への貢献度 TI を 0~1 の値に換算する(式 4-6)。ここでシフト因子は S = 15, レンジ因子は R = 30 である。

$$TI_{k,FI} = \frac{SNR_{k,Fi} + S}{R} \quad (4-6)$$

(6) 音声周波数帯域ごとの平均 TI を求める(式 4-7)。

$$MTI_k = \frac{1}{14} \sum_{i=1}^{14} TI_{k,FI} \quad (4-7)$$

(7) STI<sub>r</sub> を求める(式 4-8)。Table.4-6 に示す重み付け係数を用いた補正を行う。

$$STI_r = \sum_{k=1}^7 \alpha \cdot MTI_k - \sum_{k=1}^6 \beta_k \sqrt{MTI_k \cdot MTI_{k+1}} \quad (4-8)$$

ただし,

α<sub>k</sub> : 音声周波数帯域ごとの重み付け係数

β<sub>k</sub> : 冗長性補正係数

なお、 $\alpha$ 、 $\beta$ の係数は以下のTable.4-6に示ように男性スピーチと女性スピーチで異なる値を用いる。

Table.4-6 重み付け係数

オクターブバンド中心周波数 [Hz]		125	250	500	1000	2000	4000	8000
男性スピーチ	$\alpha$	0.085	0.127	0.23	0.233	0.309	0.224	0.173
	$\beta$	0.085	0.078	0.065	0.011	0.047	0.095	0.194
女性スピーチ	$\alpha$	0.111	0.223	0.216	0.328	0.25	0.194	0.194
	$\beta$	0.099	0.066	0.062	0.025	0.076	0.076	0.076

STIrは聞き取りにくさとの対応関係は実験的に確かめられている。Fig.4-6に、STIrと音声伝送性能のクラスの関係を示す。縦軸は「聞き取りにくさ」あるいは「聞き取り間違い」を示す割合で、図中に音声伝送性能のクラスの境界を示す。音声伝送性能のクラスとそれらの位置づけをTable.4-7に示す。Fig.4-6とTable.4-7から確認できるようにSTIrの値が大きいほど「聞き取りにくさ」や「聞き取り間違い」は起こりにくく、快適な音声コミュニケーションができる。

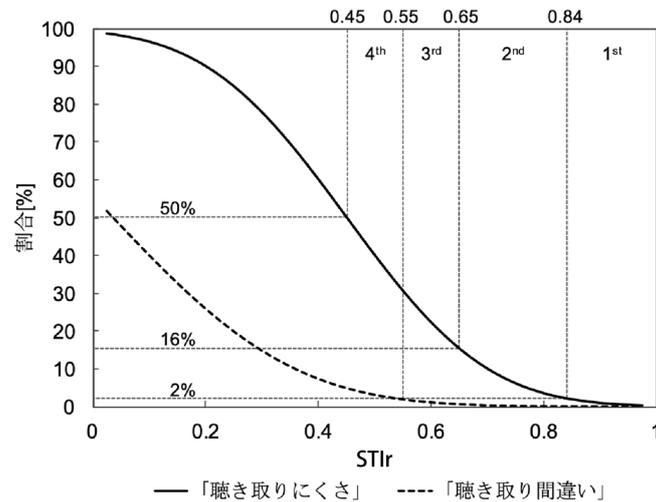


Fig.4-6 音声伝送性能のクラスとSTIr

Table.4-7 AIJES クラス

クラス	「聞き取りにくさ」	「聞き取り間違い」
1 <sup>st</sup>	感じない(0~2%)	感じない(0~2%)
2 <sup>nd</sup>	ほとんど感じない(2~16%)	
3 <sup>rd</sup>	感じることもある (16~50%)	若干生じる(2~5%)
4 <sup>th</sup>		

## 4.4 測定結果・考察

### 4.4.1 配置に関する検討

中央、壁際、隅部としたときの口の字\_開口、コの字\_開口および L 字\_開口のインパルス応答から算出した室内音響指標の違いによって検討する。算出結果を Fig.4-7~ Fig.4-9 に示す。

絶対音圧レベルは、いずれの配置でも反射性の場合衝立なしに比べ大きくなっているのが確認できる。一方、吸音性では中央は大きくなっているがその他の配置では減少している。

T30 は、衝立なしで 2.0s を上回っているのに対して、衝立設置によりいずれの配置でも低下し、反射性の場合、中音域で 1.3~1.6s 程度、吸音性では 1.1~1.5s 程度となっている。高音域では吸音性衝立による低下がより顕著である。また、中央の配置で最も低下している。

EDT は、衝立設置による低下がさらに顕著であり、反射性の場合では 0.5s 程度、吸音性ではほぼ 0 に近い。そのため、残響感が極めて短い空間になっていると考えられる。これは、衝立からの初期反射音が支配的となり、周囲の残響音も衝立の遮音により弱まったためと考えられる。

D50 は、衝立なしで低音側に低下が生じているが、衝立の設置によりいずれの配置でもその低下がなくなっている。また、反射性の場合全周波数域で 0.85~0.90、吸音性の場合ではほぼ 1 となっており、明瞭性は非常に高い。これらの傾向は EDT と対応し、衝立設置により周囲の残響音が低減したためと考えられる。

STIr は、衝立なしでは中央で 0.7 程度、壁際・隅部では壁面反射の影響によりその順で値はやや上昇する。一方、中央では反射性衝立の設置により 0.8 程度、吸音性の場合 0.9 程度となっており、明瞭性の上昇している。今回の体育館のケースでは 2m 離れの会話の明瞭性は AIJES の 2nd クラスとなっていたため、衝立の効果はそれほど大きくあらわれなかったと考える。

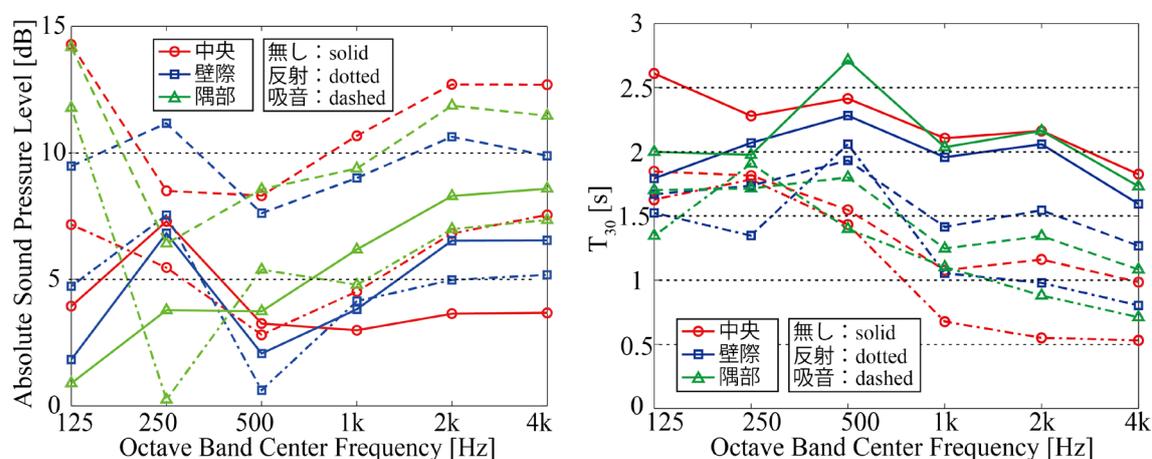


Fig.4-7 配置による比較(左：絶対音圧レベル，右：T30)

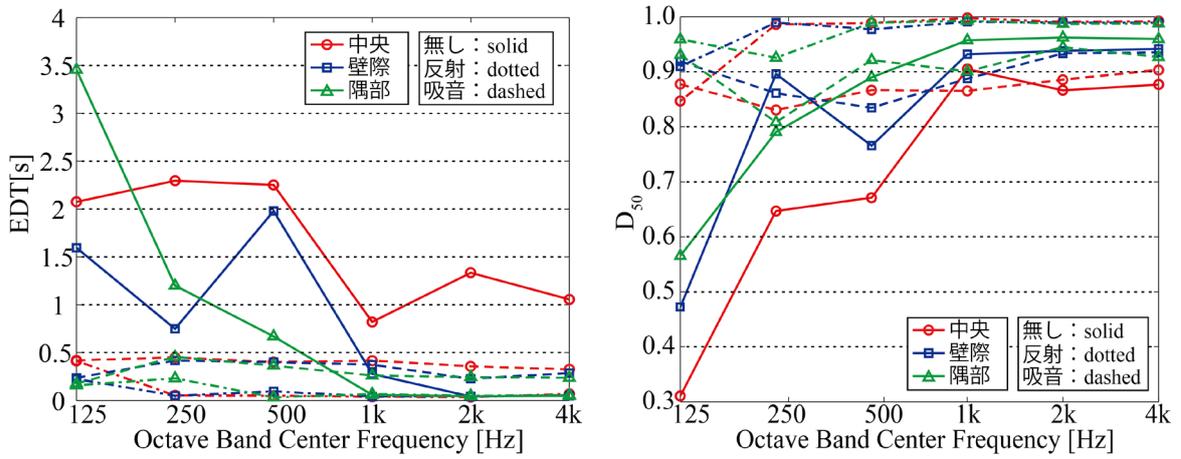


Fig.4-8 配置による比較(左 : EDT, 右 :  $D_{50}$ )

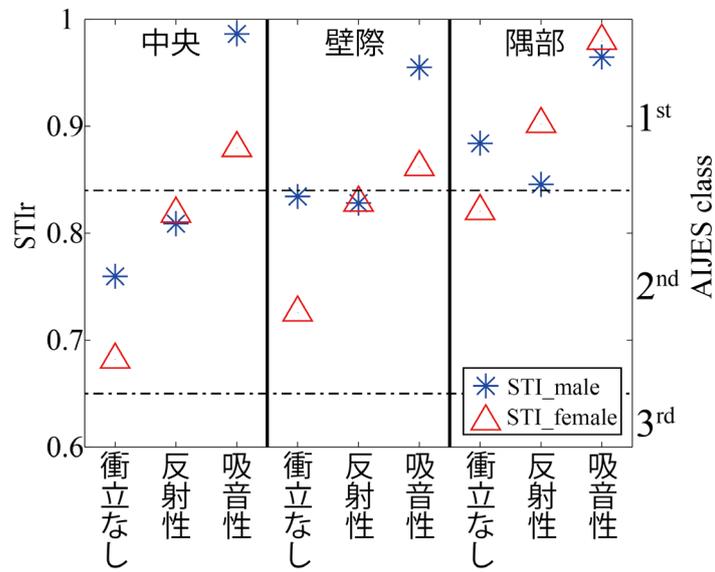


Fig.4-9 配置による比較(STIr)

## 4.4.2 形状に関する検討

### 絶対音圧レベル(Absolute Sound Pressure Level)

各配置において、形状を変化させた場合の絶対音圧レベルの算出結果を Fig.4-10, Fig.4-11 に示す。

#### ◆中央

反射性衝立では、衝立なしに比べていずれの形状も局所空間内の音圧レベルが大きくなっていることが確認できる。特にコの字\_開口では増加が顕著であることから、衝立を設置したことで衝立間の反射の影響が確認できる。一方、吸音性衝立の場合、周波数帯域によって違いがみられ、コの字では 1kHz 以下、コの字\_開口では、250~500Hz 帯域で衝立なしよりも小さくなっている。これは、吸音性としたことで衝立間の反射が吸収され、衝立の遮蔽による残響音の低下が影響であると考えられる。しかし、本測定で使用した吸音材は低音の方が吸音率が低く、高音域の方が衝立による遮蔽の効果があると考えられるため周波数の増加に伴って小さくなるという予測とは異なる結果となった。

#### ◆壁際

反射性衝立では、中央と同様に衝立なしに比べて大きくなっている。これは、開口面が少ないコの字\_開口の方が顕著であることから、衝立間の反射の影響であると考えられる。一方、吸音性衝立では 500Hz 未満では大きくなっている周波数帯域もみられるが、500Hz 以降では同じくらいあるいは小さくなっている。また、500Hz 以降では、形状による差がみられず同様の傾向となっている。

#### ◆隅部

反射性衝立では、中央や壁際と同様に衝立なしに比べ、大きくなる。一方、吸音性では、500Hz 以下では周波数帯域によって変動があり、一概に小さくなっているとは言えない。しかし、1kHz 以降はいずれの配置も衝立なしよりも小さくなっている。また、一の字、L字\_開口の順となっており、開口面を少なくすることでより低下することが確認できる。

いずれの配置でも反射性では局所化することによって局所空間内の音圧レベルが増加すること、吸音性では周波数帯域によって違いがあることが示唆された。

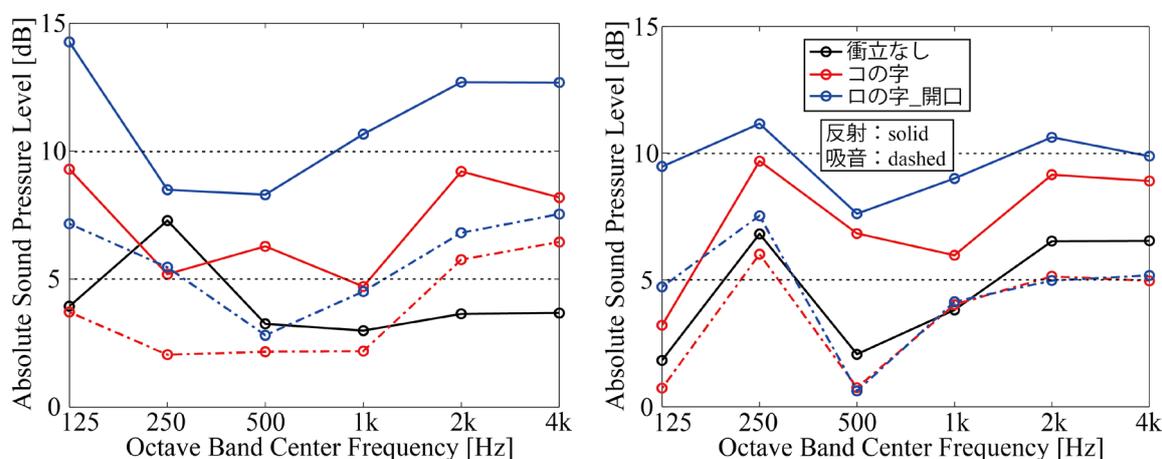


Fig.4-10 絶対音圧レベル(左：中央, 右：壁際)

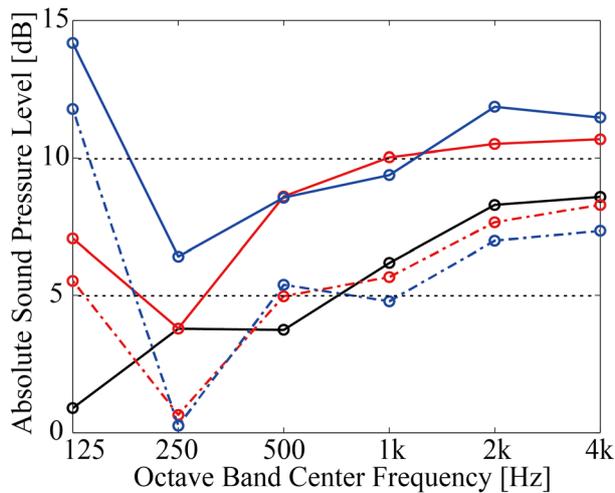


Fig.4-11 絶対音圧レベル(隅部)

### 残響時間( $T_{30}$ )

各配置において、形状を変化させた場合の残響時間の算出結果を Fig.4-12, Fig.4-13 に示す。

#### ◆中央

反射性衝立、吸音性衝立のいずれもすべての形状で衝立無しに比べて、減少している。反射性衝立に比べ、吸音性衝立とすることでより減少しており吸音の効果が確認できる。特に、1kHz 以降で大きな減少がみられる。

反射性衝立では 500Hz 以下では、形状による差は小さいが、1kHz 以降では、コノ字に比べロノ字\_開口で大きく減少している。これは、周波数が高いほど衝立の遮音により周囲の残響音の影響が弱まったからと考えられる。

吸音性衝立では 500Hz を境に傾向に違いがあらわれる。500Hz 未満では形状による差は小さいが、1kHz 以降で顕著に差があらわれている。いずれの形状でも周波数の増加に伴う残響時間の減少は見られるが、吸音材の吸音率の周波数特性による影響であると考えられる。ロノ字\_開口では、1kHz 以降で、0.5 秒と非常に短くなっている。

#### ◆壁際

二ノ字やコノ字\_開口では衝立無しに比べて減少している。しかし、二ノ字では吸音性とした効果はあまり見られず逆に増加してしまっている周波数帯域もみられる。一方、コノ字\_開口では 1kHz 以降で大きく減少しており吸音の効果が確認できる。

#### ◆隅部

反射性衝立、吸音性衝立のいずれもすべての形状で衝立無しに比べて、残響時間は短くなるのが分かる。しかし、一ノ字では吸音性の効果がみられず 500Hz や 1kHz では増加してしまっている。一方、L 字\_開口では、反射性衝立、吸音性衝立のいずれも 1kHz 以降で低下している。また、吸音性では反射性に比べて大きく減少していることから吸音の効果があることが分かる。

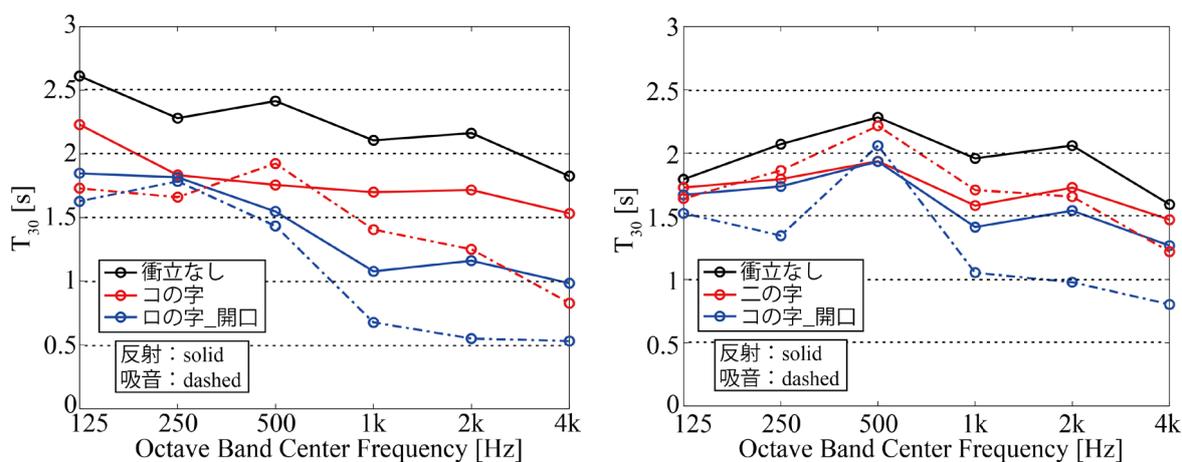


Fig.4-12 T30(左：中央, 右：隅部)

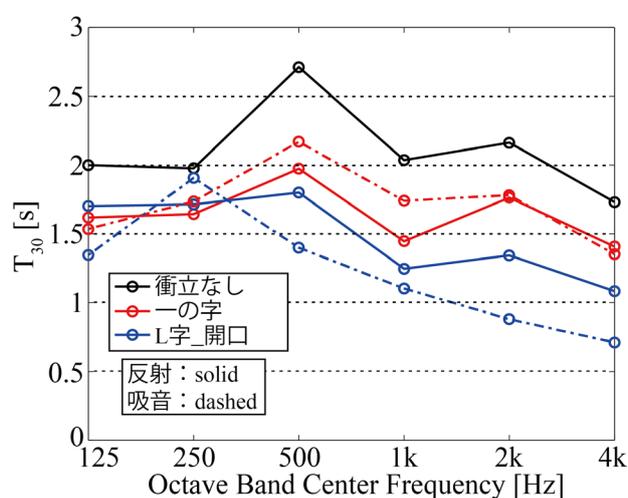


Fig.4-13 T30(隅部)

### 初期減衰時間(EDT)

各配置において、形状を変化させた場合の初期減衰時間の算出結果を Fig.4-14, Fig.4-15 に示す。

#### ◆中央

反射性衝立、吸音性衝立のいずれもすべての形状で衝立無しに比べ短くなっている。また、吸音性とすることで大きく低下している。

反射性衝立では、コ'の字では 1kHz まで低下し、その後一定となるがロ'の字\_開口では周波数によらず一定となる傾向である。500Hz 以下では形状による差があるが、1kHz 以降では形状によらず近い値となっている。これは衝立によって遮音されたことで初期反射音が支配的であり周囲の残響音も衝立の遮音により弱まったためと考えられる。

吸音性衝立では、250Hz 以降でいずれの形状もほぼ 0 秒であり非常に残響感が短くなっている。衝立を吸音性としたことでより衝立間の反射が吸収され、直接音がより支配的となったためであると考えられる。

## ◆壁際

反射性衝立では 500Hz 以下では減少しているが、1kHz 以降は長くなってしまっている。これは、衝立なしは体育館の壁面からの反射音が返ってきにくく初期反射音が支配的であるのに対して、衝立を設置したことで衝立間の反射音が発生し初期反射音の影響が小さくなったことが考えられる。しかし、コの字\_開口ではいずれの周波数においても 0.5 秒以下と短い空間であることがわかる。

吸音性衝立では、中央と同様に 250Hz 以降ではほぼ 0dB になっており非常に残響感が短くなっている。

## ◆隅部

反射性衝立の場合、いずれの形状も衝立なしに比べ、500Hz 以下は残響感の低下がみられるが、1kHz 以降では長くなってしまっている。これは、壁面での原因と同様に、隅部では反射音が戻ってきにくいため初期反射音が支配的となっていたが、局所化したことで発生する衝立による反射音の影響から初期反射音の影響が小さくなったためと考える。一の字は周波数の増加に伴って減少する傾向がみられるが、L 字\_開口では周波数によらず一定の値であると言える。よって、L 字\_開口の方が残響感の抑制に効果的であることが分かる。

吸音性衝立では、いずれの形状でも反射性に比べて低下しており吸音の効果を確認できる。また、500Hz 以降ではほぼ 0 秒となっている。

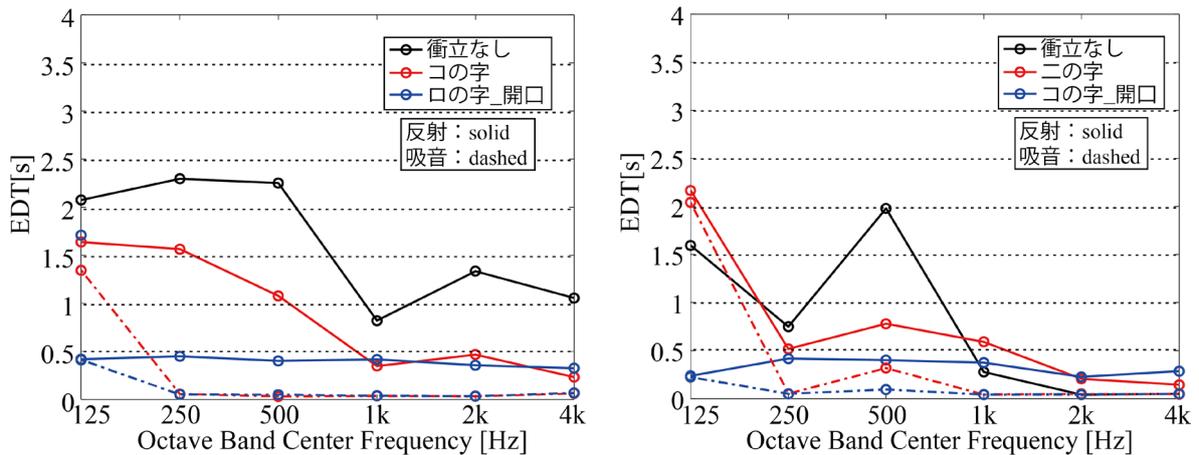


Fig.4-14 EDT (左：中央, 右：壁際)

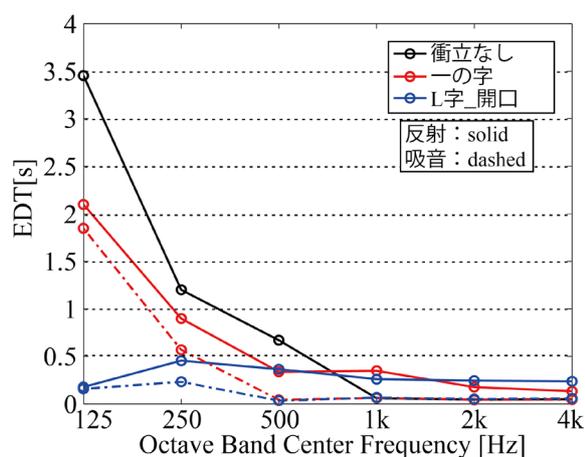


Fig.4-15 EDT (隅部)

### 音の明瞭度(D50)

各配置において、形状を変化させた場合の D50 の算出結果を Fig.4-16, Fig.4-17 に示す。

#### ◆中央

反射性衝立では、衝立無しに比べ、一部の周波数帯域で値が低くなっているが 500Hz 以下での周波数帯域で増加していることが分かる。特に、コの字\_開口では大きな増加が確認できる。一方、1kHz 以降で、いずれの形状でも衝立なしからの増加はほとんど見られない結果となっている。コの字は周波数の増加に伴って大きくなるが、コの字\_開口では周波数によらず一定の値となっている。

吸音性衝立では、いずれの形状でも反射性に比べ大幅に増加している。特に、250Hz 以上では、いずれの形状でも 0.9 以上であり非常に明瞭であることが分かる。吸音性としたことで衝立内の反射音が小さくなり、直接音や床面からの初期反射音(ここでは、50ms 以前に到来する音)のエネルギーが占める割合が大きくなったためであると考えられる。

#### ◆壁際

反射性衝立では、125Hz 帯域で大きな増加がみられるが 250Hz や 1kHz において衝立無しに比べて低下してしまっている。これは、衝立間の反射音の影響であると考えられる。

吸音性衝立では、いずれの形状でも反射性に比べ大幅に増加している。特に、250Hz 以降では、いずれの形状でも 0.9 以上であり非常に明瞭であることが分かる。

#### ◆隅部

反射性衝立では、500Hz 以下では衝立無しに比べ増加がみられるが、1kHz 以降では低下していることが確認できる。これは、隅部では反射音が戻ってきにくいいため初期反射音が支配的となっていたが、局所化したことで発生する衝立間の反射音の影響から初期反射音の占める割合が小さくなったことが考えられる。吸音性衝立では、いずれの形状でも反射性に比べ大幅に増加している。特に、500Hz 以上では、いずれの形状でも 0.9 以上であり非常に明瞭であることが分かる。

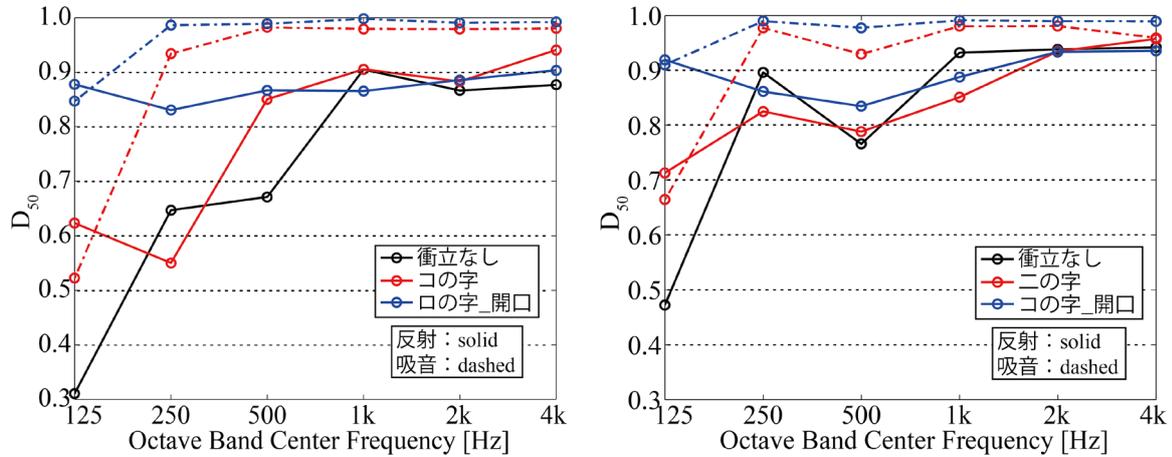


Fig.4-16 D50(左：中央，右：壁際)

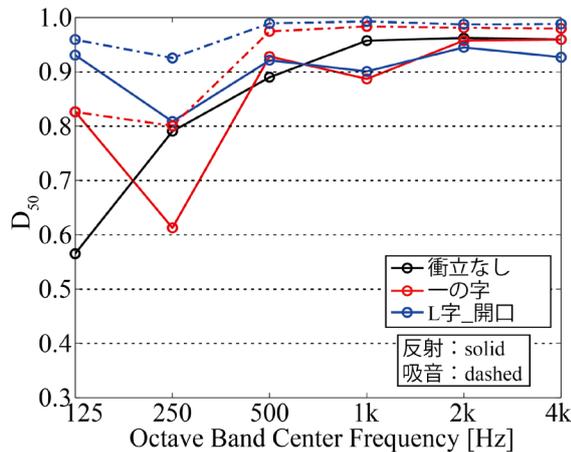


Fig.4-17 D50(隅部)

### 話声伝送指標(STIr)

各配置において、形状を変化させた場合の STIr の算出結果を Fig.4-18, Fig.4-19, Fig4-20 に示す。

#### ◆中央

衝突無しに比べ、いずれの条件でも増加していることがわかる。反射性衝突では、いずれの配置も 0.8 程度となり、男女の差もほとんどないことが確認できる。一方で、吸音性衝突では男性と女性の傾向に差がみられる。女性は反射性に比べほとんど変化がないのに対して、男性は大きく増加している。男性は 1.0 に近く AIJES の 1<sup>st</sup> クラスであるため非常に音声明瞭度の高い空間である。よって、吸音の効果は男性のほうが大きいことが分かる。

#### ◆壁際

反射性衝突では、衝突無しに比べ、女性は若干の増加がみられるが、男性はほとんど変化していない。また、二の字では男女による差があるがコの字\_開口はないことから形状による違いが確認できる。

吸音性衝突では、より男女の差が顕著にあらわれている。女性は微増あるいは変化がな

く、いずれの形状でも大きな変化は見られない。一方、男性は大きく増加しいずれの形状でも 1<sup>st</sup>クラスとなっており音声明瞭度が良い空間であるといえる。

◆隅部

反射性衝立では、男女によって傾向が異なり、女性は増加し 1<sup>st</sup>クラスになっており改善がみられる。一方、男性は衝立なしに比べて若干低下してしまっている。しかし、1<sup>st</sup>クラスには留まっているため問題はないと考える。

吸音性衝立では、反射性で見られた男女差がみられなくなりほとんど同じ値となっている。男女ともに反射性に比べ増加していることから吸音によって音声明瞭度がより向上することが分かる。

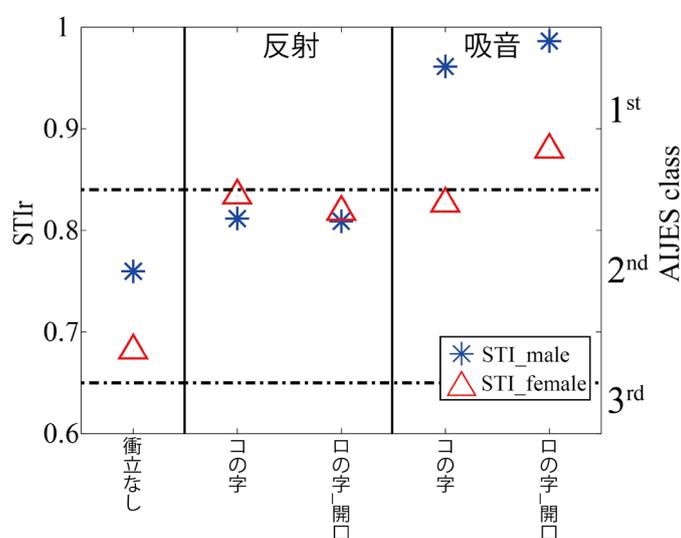


Fig.4-18 STIr(配置：中央)

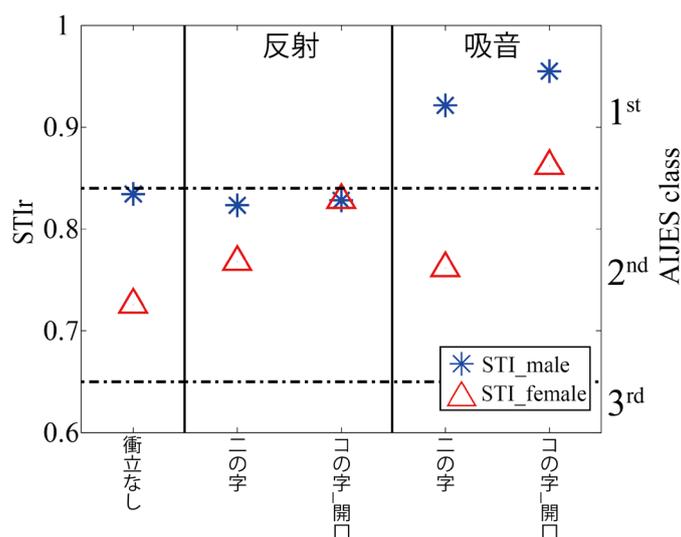


Fig.4-19 STIr(配置：壁際)

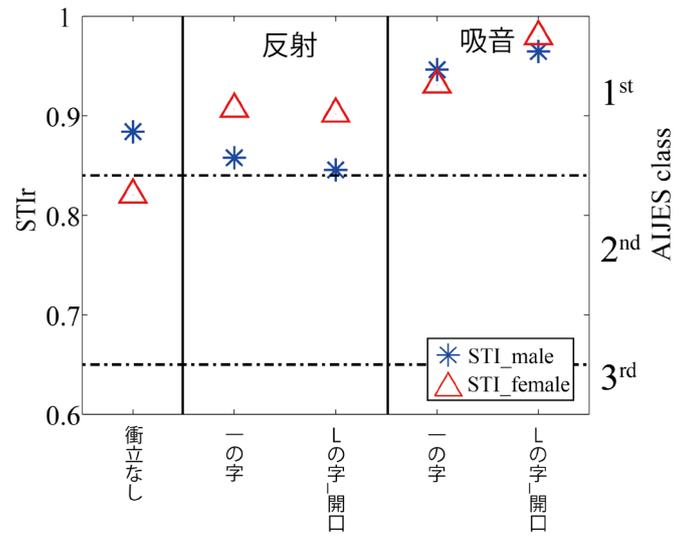


Fig.4-20 STIr(配置：隅部)

## 4.5 まとめ

本章では、体育館において衝立配置や形状、吸音性の有無を変化させた際のインパルス応答測定を行い、インパルス応答から残響時間等の4つの室内音響指標  $T_{30}$ 、EDT、D50、STIr と絶対音圧レベルを算出することで局所空間内の音響特性を検討した。

絶対音圧レベルでは、反射性の場合、衝立間の反射によって上昇することが確認された。一方、吸音性の場合、周波数帯域や形状によって上昇や減少があり一概に低下するとは言えないことが示唆された。

$T_{30}$  は衝立なしの条件に比べ局所化することで低下させることが可能であることが確認できた。特に、吸音性を持たせ、一面のみを開口とした条件では配置によらず高音域での大きな残響抑制となることが示唆された。

EDT では、反射性の場合、配置によっては衝立なしの条件に比べて 500Hz 以下では減少がみられ残響感を抑制できる。1kHz 以降で衝立間の反射によって増加してしまう形状もみられたが、いずれも 0.5 秒以下と残響感が短い空間となっている。一方、吸音性の場合、中・高音域ではほぼ 0 秒と非常に残響感の短い空間となることが確認された。

D50 では、反射性の場合、配置によっては衝立間の反射音の影響から低下してしまう周波数帯域も確認された。一方、吸音性とする事でいずれの配置や形状でも 0.9 を超える周波数帯域が多く明瞭な空間となっていることが示唆された。

STIr では、配置や形状や男女によって傾向に違いが出る事が分かった。反射性では男女ともに微増もしくは変化がほとんどないことが確認できた。一方、吸音性とする事で、女性は微増し、男性は大きく増加することが確認できた。今回の測定では音源-測定点の距離が近かったため衝立なし条件でも 2<sup>nd</sup> クラスとなっており大きな増加は確認できなかったが局所化によって改善ができる可能性は示唆された。

以上のことより、設置空間である大空間に比べ、局所化することで残響感の抑制や明瞭性の向上が確認された。また、遮音性能の実測と同様に吸音性とする事でより大きな効果が得られることが示唆された。

## 第5章

### 総括

#### 5.1 本研究のまとめ

第1章では、研究の背景、既往研究について述べた。屋内空間において衝立によって局所化した際の遮音性能や音響特性を検討した事例がほとんどないことから局所化による局所空間外から入射する音に対する遮音性能と局所空間内の残響感や明瞭性などの室内音響特性の把握を目的とした。

第2章では、地表面が剛な無限平面上の半自由空間において衝立を用いて局所化したモデルでの数値解析による外部音源に対する遮音性能について述べた。特定方向からの入射を仮定した角度平均では、吸音性とすることで入射角度による違いが確認された。また、開口面の大きさによって傾向に差があらわれることが示唆された。拡散音場を仮定した全方向平均では、反射性の場合、いずれの配置や形状においても遮音性能がほとんどないことが確認された。一方、吸音性とすることで遮音性能が向上し配置や形状による差もあらわれる。

第3章では、体育館において鋼製衝立を複数枚使用し設けた上部開口の局所空間内における外部音源に対する遮音性能について述べた。また、解析結果との対応についても述べた。衝立の配置や形状によって挿入損失の値に違いがあることを確認した。いずれの配置や形状においても吸音性とすることで反射性に比べて遮音性能が高くなることが示唆された。また、解析結果と測定結果では吸音性のモデル化の違いや音場の違いによって大きく乖離することが確認された。

第4章では、体育館において鋼製衝立を複数枚使用し設けた上部開口の局所空間内におけるインパルス応答測定を測定し局所空間内の音響特性について述べた。局所化することで残響感の抑制や明瞭性の向上が確認された。また、吸音性とすることでより大きな効果となることも確認された。

## 5.2 今後の課題

音環境を局所化した際の遮音性能や音響特性の向上が数値解析および実測によって確認された。

しかし、数値解析では剛な床面上に衝立を設置し平面波をあらゆる方向から入射させて全方向で統計平均を行うことで拡散音場を模擬しているため音場のモデル化をより実空間に近い方法で検討していく必要があると考える。また、吸音のモデル化も吸音材の厚みなどを考慮にいれたモデル化をする必要があると考える。実測では一つの空間のみの結果であるため他の空間でも行う必要がある。また、拡散音場を想定してスピーカを壁面に向けて音を放射して行ったが拡散音場とはなっていないと考えられるため音源位置や数など拡散音場に近づくように検討をしていく必要がある。

衝立の配置や形状など局所空間側の要素のみに着目して行っており、設置空間の大きさや吸音条件などの設置環境側の要素は検討できていない。そのため、前述の検討と合わせて設置環境側の要素についても検討を行ってほしい。

以上、本論文をまとめ、今後の課題を示した。音環境の局所化による音環境の性状が解明され、より良い音環境の空間が設計されることを期待し、本論文を締めくくる。

## 参考文献

- [1] 橘秀樹,公共空間の音環境のあり方,騒音制御,23 巻,4 号,pp.205-210,1999
- [2] 横山栄,向井ひかり,橘秀樹,公共空間の音環境に関する実測調査,23 巻,4 号,pp.228-231,1999
- [3] 前川純一,障壁(堀)の遮音設計に関する実験的研究,日本音響学会誌,18 巻,4 号,pp.187-196,1962
- [4] 前川純一,有限障壁(衝立)による騒音の回折 障壁(堀)の遮音設計に関する実験的研究 第 2 報,日本音響学会誌,21 巻,1 号,pp.1-7,1965
- [5] 藤原恭司,新しい遮音壁,騒音制御,23 巻,3 号,pp.131-136,1999
- [6] 石川聡史,廣江正明,佐久間哲哉,在来鉄道に対する有限長遮音壁の挿入損失について,騒音制御,42 巻,5 号,pp.245-252,2018
- [7] 鈴木俊輔,ローパーティションの音響性能,騒音制御,26 巻,5 号, pp.38-41,1992
- [8] 星和磨,羽生敏樹,小山由美,カウンターに設置された衝立による遮音効果に関する検討,日本建築学会技術報告集,19 巻,41 号,pp.185-190,2013
- [9] 漆戸幸雄,錦谷重規,本間俊雄,野中光彦,境界要素法によるローパーティションの遮音効果の解析,日本建築学会大会梗概集(環境工学),pp.283-284,1993
- [10] 日本建築学会編,はじめての音響数値シミュレーションプログラミングガイド,コロナ社,2012
- [11] 安田洋介,高速多重極境界要素法による大規模音場予測に関する研究,東京大学博士論文,2003
- [12] 佐久間哲哉,境界要素法による音場の数値解析,騒音制御,31 巻,4 号,pp.248-254,2007
- [13] 子安勝,残響室法と垂直入射吸音率の対応について一繊維材料の場合一,音響材料,No.15,1961
- [14] 前川純一,森本政之,阪上公博,建築・環境音響学第三版,共立出版,2000
- [15] 日本音響学会編,橘秀樹,矢野博夫共著,音響テクノロジーシリーズ 8 改訂環境騒音・建築音響の測定,コロナ社,2012
- [16] 上野佳奈子編著,音響サイエンスシリーズ コンサートホールの科学ー形と音のハーモニーー,日本音響学会,2012
- [17] 日本建築学会編,都市・建築空間における音声伝送性能評価基準・同解説,日本建築学会,2011

## 謝辞

本論文は筆者が東京大学大学院新領域創成科学研究科社会文化環境学専攻修士課程において、工学系研究科建築学専攻の佐久間哲哉教授のご指導のもとに行った研究をまとめたものです。指導教員である佐久間哲哉教授には、研究のテーマの決め方や研究に取り組むにあたっての姿勢や物事の考え方などの多角的な指導を頂きました。また、発表の仕方などもご指導いただきました。心から感謝いたします。

副指導教員である同専攻の佐藤淳准教授には見落としがちな視点からの助言など研究の相談に丁寧に対応していただきました。ここに感謝申し上げます。

前橋工科大学工学部建築学科の井上尚久先生には、音響の基礎から数値解析のためのプログラミング、実験機器の扱い方など数多くのことを教えていただきました。その他にも書ききることが出来ないほどお世話になりました。ここに深く感謝申し上げます。

サイバネットシステム株式会社の榎本貴之さんには音響解析ソフトの指導や研究相談など研究に関することや研究以外に関しても大変お世話になりました。大変感謝申し上げます。

佐久間研究室の博士課程の劉金雨さん、孔敬受さん、山崎泰知さん、曹達さんには研究相談や梗概の添削など多くのことでお世話になりました。また、研究に関すること以外に日常的な相談などにもものっていただきました。本当にありがとうございます。

同期の田主望さん、土屋洵さん、那須瑞早さん、近藤雅貴さんとは互いに励ましあい、研究の相談をしあいながら切磋琢磨して過ごしました。また、就職活動など日々の相談にも乗っていただきました。本当にありがとうございます。

後輩の廣瀬量子さん、船津出帆さんには実験のお手伝いをしていただきました。コロナの影響からほとんど対面する機会が少なかったですが楽しい時間を過ごさせていただきました。

最後になりますが、筆者の学生生活を温かく見守っていただいた家族に多大なる感謝の意を表します。

2021年7月9日

中津 成博

# 発表論文一覧

## ■修士論文梗概

## ■本研究に関する発表論文

- 1.中津成博, 佐久間哲哉, 榎本貴之, 衝立を用いた局所空間の遮音効果に関する数値解析, 日本騒音制御工学会秋季研究発表会講演論文集, pp.209-210, 2020.
- 2.中津成博, 佐久間哲哉, 大空間における衝立ブース内の音響特性に関する実験的検討, 日本建築学会大会学術講演梗概集(環境工学 1), 2021

# 大空間における衝立を用いた音環境の局所化に関する研究

Study on localization of sound environment using partitions in a large space

学籍番号 47-186769  
氏名 中津 成博 (Nakatsu, Naruhiro)  
指導教員 佐久間 哲哉 教授

## 1. はじめに

### 1.1 研究背景

イベント施設、複合施設、旅客施設などの大空間では衝立を用いて大空間を区切ることでブース状の空間(以下、局所空間)を設けることが多い。しかし、上記で述べたような大空間は残響が長く、喧騒感が大きいといった問題がある<sup>[1]</sup>。一方、衝立を用いて空間を局所化することで、大空間に比べ、衝立による遮音やブース内での残響抑制、明瞭性の向上などによって快適な音環境を作ることができると考えられる。しかし、衝立自体の遮音・吸音性能や衝立で囲われた局所空間の遮音性能や局所空間内の音響特性に関して実測や数値解析の例は少なく<sup>[2]</sup>、その性状は十分に解明されていない。

### 1.2 研究目的

以上の背景を踏まえて、本研究では大空間に衝立を用いて局所化した際の遮音性能および局所空間内の音響特性の把握を目的とし、数値解析と実空間における実測による検討を行う。本研究より得られた知見より、衝立を設置する際の音響性能の予測に貢献でき、より快適な空間を作る一助となると考える

## 2. 遮音性能の数値解析

### 2.1 解析手法

本研究では衝立による回折など波動現象

を考慮するため、高速多重極境界要素法(FMBEM)を用いた波動音響解析を用いる。Fig.1に示すように、剛床面上の半自由空間に衝立で囲われた2.7mまたは5.4m四方の局所空間があり、そこに十分遠方の点音源から平面波が到来する状況を想定する。局所空間の中心軸上に受音点を設定し、各方向からの入射に対する音圧レベルを算出する。

実際の解析では、相反則を利用し、音源点と受音点を反転させて効率的に全方向の計算を行っている。音源である平面波の入射方向は、鉛直方向 $\theta = 0.5 \sim 89.5^\circ$ 、水平方向 $\varphi = 0.5 \sim 359.5^\circ$  ( $1^\circ$ 間隔)の32,400方向とした。受音点は高さ $d = 0$  m (床面上)である。解析周波数は、125Hz から 2000Hz の1/3 オクターブバンドの範囲を1/24 オクターブ刻みで設定した。

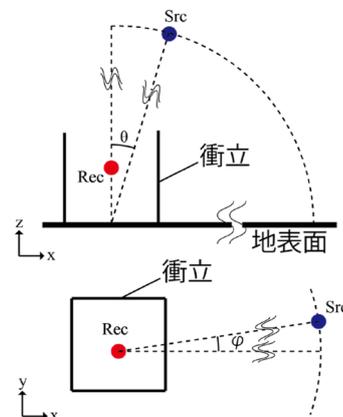


Fig.1 解析モデル(上:断面図,下:平面図)

## 2.2 衝立条件

衝立配置は中央と壁際、隅部の3条件とした。なお、壁際・隅部条件では、床面に垂直な無限大剛壁を想定し、床面を加えた2面または3面对称音場として解析を行った。衝立形状は中央6条件、壁際5条件、隅部3条件で行った。衝立内面の吸音率は0.0(反射性), 0.2(低吸音), 0.8(高吸音)の3条件とした。

## 2.3 挿入損失の計算

衝立の有無による音圧レベルの差から挿入損失(Insertion Loss: IL)を算出する。なお、受音点での音圧レベルについては、各方向からの音響エネルギーをParisの式に基づき統計的に平均して算出している。統計平均はあらゆる方向から音が到来することを想定し、水平、鉛直の全方向で行った。

結果および考察では、配置による比較と形状による比較を行う。前者は各配置の全閉で吸音性を变化させた条件、後者は中央における6条件(二の字, L字, コの字, ロの字, ロの字\_開口, ロの字(大))についての反射性と高吸音について報告する。

## 2.4 解析結果および考察

### (1) 配置の影響

ILの算出結果をFig.2に示す。反射性では配置によらず同様の傾向を示し250Hz以下では波動現象による変動が確認できる。250Hz以上ではほぼ0dBとなっている。一方、衝立を吸音性とする事で、ILが増加し遮音効果が得られることが確認できる。特に、高吸音では隅部で5dB程度、壁際で6dB程度、中央8dB程度となっている。また、いずれの配置でも250Hz以下でILの上昇が確認できる。

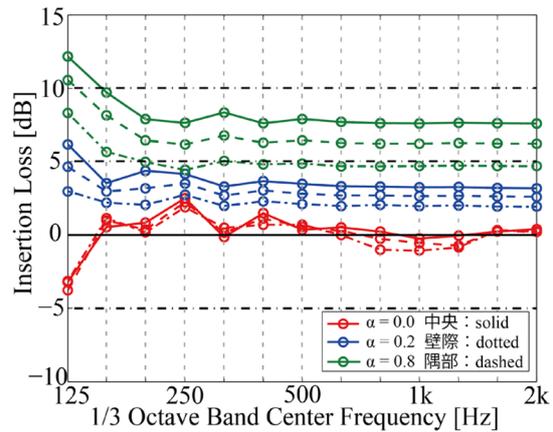


Fig.2 配置による比較

### (2) 形状の影響

反射性と高吸音のILの算出結果をFig.3, Fig.4に示す。反射性では、いずれの形状も同様の傾向が確認できる。250Hz以下では、衝立内部における波動現象による変動がみられ、250Hz以降ではほぼ0dB程度となり遮音性能がみられない。一方、高吸音では、反射性に比べ、いずれの形状および周波数においてもILが増加し、反射性でみられた250Hz以下の変動もみられなくなっている。また、形状によって遮音性能に違いが確認できる。二の字やL字はILが約2dB程度と低い遮音性能であるが、ロの字\_開口やロの字では5dBを超えるILである。

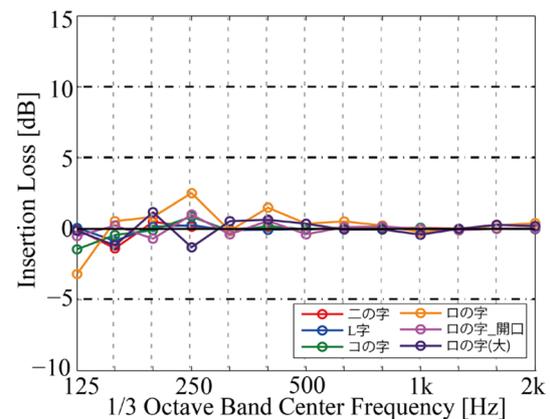


Fig.3 形状による比較(反射性)

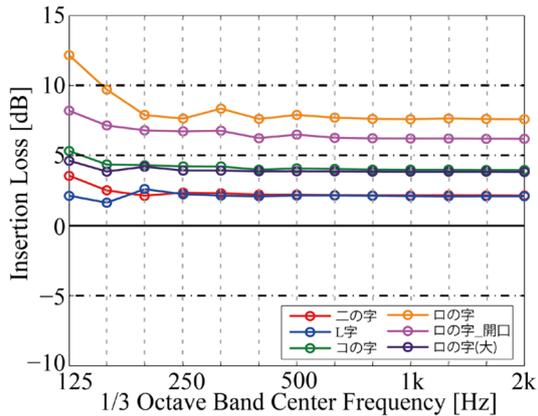


Fig.4 形状による比較(高吸音)

### 3. 実空間における実験的検討

#### 3.1 測定概要

体育館 (36m×21m×7.96m(H)) の中央、壁際および隅部に鋼製衝立 (W:0.9m, H:2.4m) を複数枚使用し、上部開放の 2.7m 四方の局所空間を設け、外部音源に対する音圧レベルの測定、局所空間内のインパルス応答測定(IR 測定)を行った。インパルス応答測定では局所空間内での会話を想定し、音源 (12 面体スピーカ) から受音点までの距離を 2.0m, 音源・受音点高さを 1.3m, 1.2m とした。音圧レベル測定では、音源スピーカを衝立から十分に離れた壁際に 2 台設置し、受音点はブース内中央の床面上に設置した。スピーカは壁向きとし、2 台からピンクノイズを同時に放射した。各測定における音源、受音点位置や衝立配置を Fig.5 に示す。

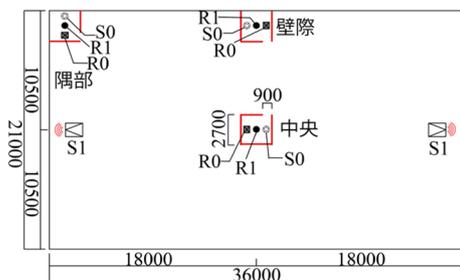


Fig.5 衝立配置と音源・測定点位置 (IR測定 : S0, R0, SPL測定 : S1, R1)

#### 3.2 衝立条件

各配置で衝立なしを参照条件として、衝立形状を中央で 4 条件(IR 測定 : 2 条件)は、壁際に 3 条件(IR 測定 : 2 条件), 隅部で 2 条件(IR 測定 : 2 条件)行った。また、いずれの配置や形状においても衝立内側にグラスウール(32k, 100mm)を貼った吸音条件についても測定を行った。なお、以降では各配置において一面開口を設けた条件に着目して報告する。

#### 3.3 測定結果および考察

##### (1) 遮音性能

局所空間内外の遮音性能として衝立の有無による音圧レベル差から挿入損失(IL)を算出した。各配置における算出結果を Fig.6 に示す。反射性では 500Hz を境に傾向に違いがみられる。500Hz 以上では配置によらず同様の傾向となり、周波数の上昇に伴い IL は増加する。一方、500Hz 以下は配置による違いがみられ、中央と壁際では位相干渉によって IL が負の値となる周波数帯域もみられる。しかし、配置によらず遮音性能はほとんどない。吸音性では、反射性に比べて全周波数帯域で IL が大きく増加している。315Hz 以下では 3dB~6dB 程度であるが、壁際では 1kHz 以上、中央では 500Hz 以上で 10dB を超える高い遮音性能が確認できる。

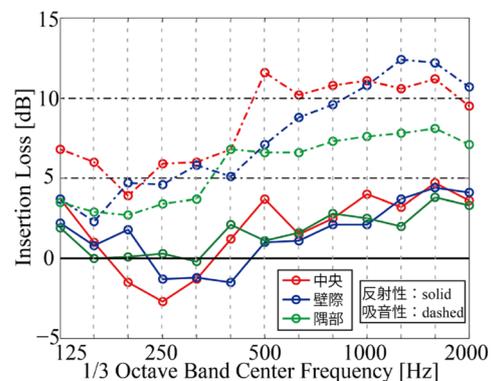


Fig.6 測定結果 : IL

## (2) 室内音響指標

局所空間内で測定されたインパルス応答から算出した室内音響指標の残響時間( $T_{30}$ ), 初期減衰時間(EDT), 話声伝送指標(STIr)の結果を Fig.7~9 に示す。

$T_{30}$  は衝立なしに比べて、反射性、吸音性のいずれも低下しており、吸音性では高音域での低下が顕著であることが確認できる。EDT は  $T_{30}$  よりも局所化による低下が大きい。吸音性ではほぼ 0 に近い値となっており、残響感が非常に短い空間であることがわかる。これは、衝立からの初期反射音が支配的であるからであると考えられる。

STIr では衝立なしでは壁面反射の影響により中央、壁際、隅部の順で値が上昇している。一方、反射性では中央で上昇がみられるが、その他の配置ではほぼ増加がみられない。吸音性では、いずれの配置においても上昇している。しかし、音源-測定点間の距離が 2m と近く、衝立なしでも AIJES<sup>[3]</sup> の 2<sup>nd</sup> クラスであるため、局所化による大きな上昇は見られない結果となった。

## 4. おわりに

本研究では、数値解析と実測を行うことで局所化による外部音源に対する遮音性能および局所空間内の音響特性について知見を得ることができた。遮音性能は、局所化し、吸音性とすることが必要であることが示唆された。一方、音響特性では局所化することで残響感の低下や明瞭性の向上することが確認された。特に、吸音性とすることで大きな効果が期待できると考える。

本研究では、基礎的な検討にとどまっていることから、衝立配置や形状、衝立を設置する空間など実空間に近い検討が今後の課題である。

## 参考文献

- [1] 横山他, 公共空間の音環境に関する実測調査例, 騒音制御 技術資料, Vol.23, No.4, 228-231, 1999
- [2] 漆戸他, 境界要素法によるローパーティションの遮音効果の解析, AIJ 大会梗概集 (環境工学), 283-284, 1993.
- [3] 日本建築学会環境基準, 都市・建築空間における音声伝送性能評価基準・同解説, 日本建築学会, 2011

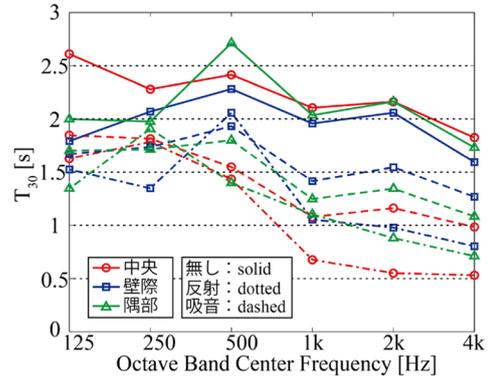


Fig.7 測定結果：T30

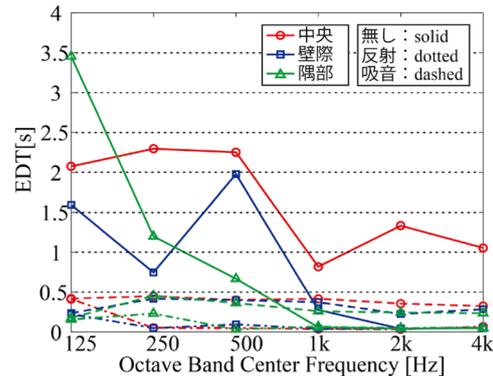


Fig.8 測定結果：EDT

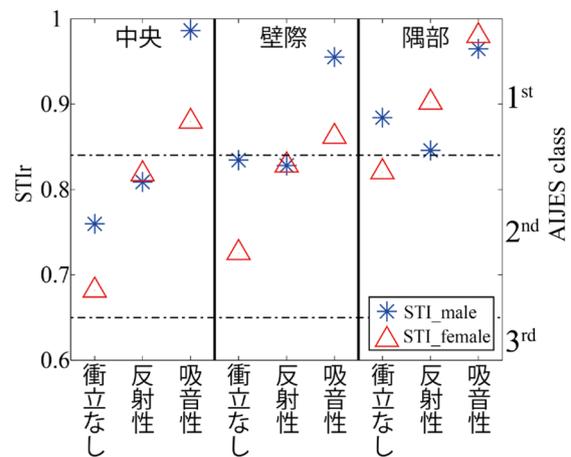


Fig.9 測定結果：STIr

## 衝立を用いた局所空間の遮音効果に関する数値解析\*

○中津成博（東大・新領域）、佐久間哲哉（東大・工）、  
梶本貴之（東大・新領域／サイバネット）

### 1. はじめに

イベント施設、複合施設、旅客施設などの大空間では打ち合わせ・休憩などのために衝立を用いて局所的な空間を設けることが多い。しかし、衝立自体の遮音・吸音性能や衝立で囲われた局所空間の遮音性能に関して実測や数値解析<sup>1)</sup>の例は少なく、その性状は十分に解明されていない。本報では、高速多重極境界要素法(FMBEM)を用いた波動音響解析により衝立の拡散音場挿入損失を算出し、衝立の高さ・幅および吸音率の影響について検討を行った。

### 2. 数値解析の概要

#### 2.1 解析モデル

図1に示すように、剛床面上の半自由空間に衝立で四方を囲われた正方形平面の局所空間があり、そこに十分遠方の点音源から平面波が到来する状況を想定する。局所空間の中心軸上に受音点を設定し、各方向からの入射に対する音圧レベルを算出する。ただし、実際の解析では相反則を利用し、音源点と受音点を反転させ、全方向の計算を効率的に行うこととした。

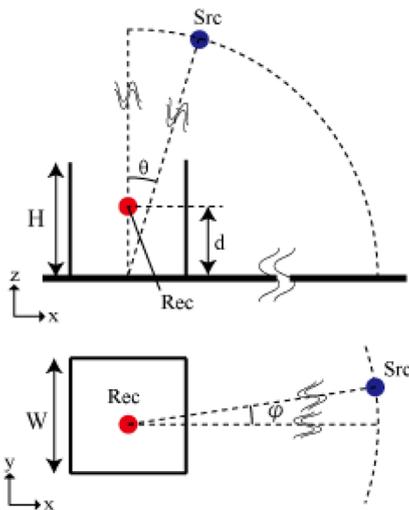


図1 解析モデル（上：断面図，下：平面図）

#### 2.2 解析条件

平面波の入射方向は、鉛直方向  $\theta = 0.5 \sim 89.5^\circ$ 、水平方向  $\phi = 0.5 \sim 359.5^\circ$  ( $1^\circ$ 間隔) の 32,400 方向とした。受音点は高さ  $d = 0$  m (床面上) および  $d = 1.2$  m の 2 点とした。衝立の条件を表 1 に示す。寸法は各面の幅および高さを各々 3 条件とし、衝立内面の吸音率を 0 (完全反射), 0.2 (低吸音), 0.8 (高吸音) の 3 条件とした。計算条件として、衝立を厚さの無い薄層境界要素 (四角形一定要素) を用い、要素寸法および要素数は表 2 の通りである。解析周波数は 125 Hz から 2000 Hz の 1/3 オクターブバンドの範囲を 1/24 オクターブ刻みで設定した。

表 1 衝立の条件

幅 W [m]	2.7, 5.4
高さ H [m]	1.8, 2.4
内面の吸音率 $\alpha$	0, 0.2, 0.8

表 2 計算条件

W [m]	周波数帯域 [Hz]	要素寸法 [m]	要素数 (H = 1.8/2.4 m)
2.7	125, 250	0.1	442/598
	500	0.05	1,820/2,444
	1000, 2000	0.02	11,926/15,946
5.4	125, 250	0.1	884/1,196
	500	0.05	3,710/4,982
	1000, 2000	0.02	23,852/31,892

#### 2.3 挿入損失の計算

衝立の無い状態と有る状態の音圧レベルの差から挿入損失を算出する。なお、受音点での音圧レベルについては、ランダム入射条件を仮定し、各方向からの音響エネルギーを Paris の式に基づき統計的に平均して算出している。

\*Numerical analysis of sound insulation of local space using partitions. By Naruhiro NAKATSU, Tetsuya SAKUMA (Univ. of Tokyo), Takayuki MASUMOTO (Univ. of Tokyo/Cybernet Systems)

### 3. 解析結果および考察

#### 3.1 入射方向による比較

鉛直方向 10°間隔（水平全方向）で平均した計算結果の一例（高吸音性）を図2に示す。受音点から音源が見通せる 30°までは挿入損失が 0 dB 付近、それ以上の角度では高音域ほど徐々に上昇することが確認できる。また、200 Hz 以下では局所空間内の波動現象により、低音域ほど挿入損失が上昇する傾向も見られる。

#### 3.2 衝立高さによる比較

衝立幅 2.7 m において高さ 1.8 m と 2.4 m で内面の吸音率を変化させた場合の挿入損失の計算結果を受音点高さ毎に図3、図4に示す。全体傾向として、挿入損失は低音域で変動が現れるものの 500 Hz 以上ではほぼ一定値となり、完全吸音性では 0 dB となるのに対して、吸音性が高くなると上昇することが確認できる。また、吸音率が高くなるにつれて、衝立高さの増加に伴う挿入損失の上昇量は大きくなることわかる。なお、受音点が床面上に比べて頭部位置付近の高さ 1.2 m では、高吸音性の場合に 2 dB 程度低下している。

#### 3.3 衝立幅による比較

衝立高さ 2.4 m において幅 2.7 m と 5.4 m で内面の吸音率を変化させた場合の挿入損失の計算結果を図5に示す。衝立幅が倍に広がったことにより、挿入損失は顕著に低下する傾向が確認できる。衝立幅と同程度の高さで高吸音性の場合に、5 dB を超える挿入損失が得られることがわかる。

### 4 おわりに

本報では、半自由空間に衝立を設置して作られた局所空間の遮音性能に関して、数値解析により衝立の高さ・幅および吸音性がランダム入射時の挿入損失に及ぼす影響を定量的に確認した。今後は、局所空間の壁際配置の影響、衝立の部分吸音の効果などを検討する予定である。

#### 参考文献

[1] 漆戸他, 境界要素法によるローパーティションの遮音効果の解析, AIJ 大会梗概集 (環境工学), 283-284, 1993.

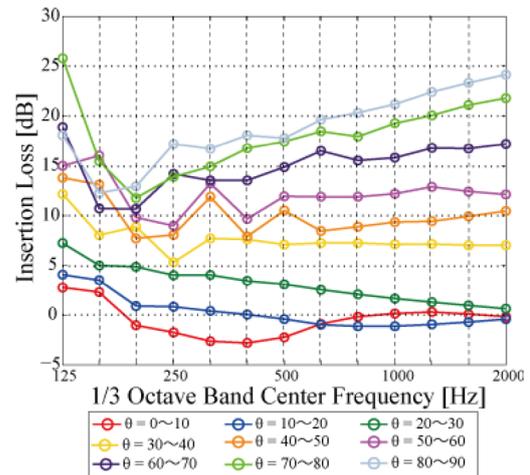


図2 入射角度の比較  
( $W = 2.7$  m,  $H = 2.4$  m,  $\alpha = 0.8$ ,  $d = 0$  m)

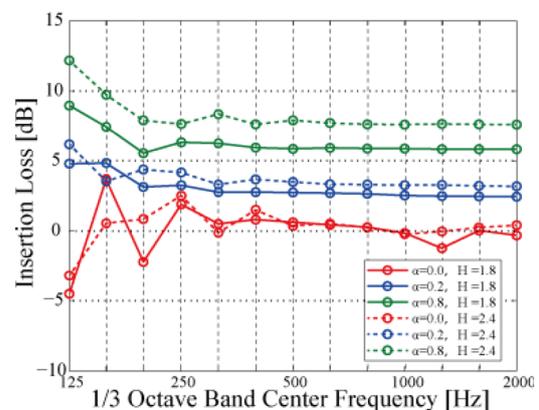


図3 衝立高さの比較( $W = 2.7$  m,  $d = 0$  m)

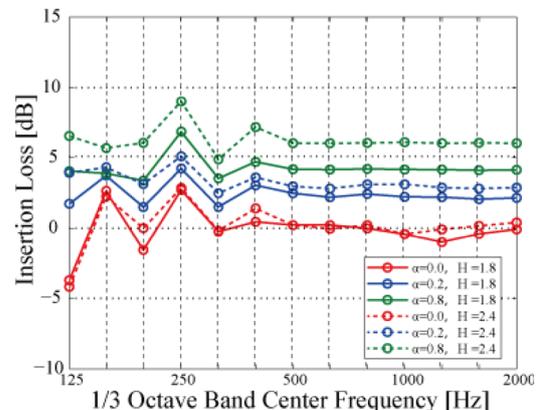


図4 衝立高さの比較( $W = 2.7$  m,  $d = 1.2$  m)

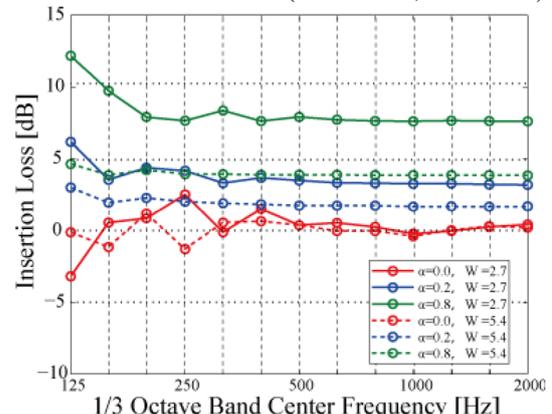


図5 衝立幅の比較( $H = 2.4$  m,  $d = 0$  m)

# 大空間における衝立ブース内の音響特性に関する実験的検討

正会員 ○中津 成博\*  
同 佐久間哲哉\*\*

音環境 衝立 ブース  
残響時間 明瞭度 挿入損失

## 1. はじめに

イベント施設、複合施設、旅客施設などの大空間では打合せ・休憩などのために衝立を用いてブース状の空間を設けることが多い。空間を局所化することで大空間に比べ衝立による遮音やブース内での残響抑制、明瞭性の向上など音環境が快適となることが予想される。しかし、衝立自体の遮音・吸音性能に関して実測や数値解析の例は少なく<sup>[1][2]</sup>、衝立で部分的に囲われた空間の音響特性は影響要因が多いため、その性状は明らかではない。本報では、体育館に衝立を実験的に配置し、ブース内の室内音響指標および内外の遮音性能について、衝立配置と吸音性の影響を検討した。

## 2. 測定概要

図1に示す体育館(36m×21m×7.96m(H))の中央、壁際および隅部に鋼製衝立(W:0.9m, H:2.4m)を複数枚使用し、上部開放の2.7m四方のブースを設置した。ブース内のインパルス応答、さらに外部音源に対する音圧レベルを測定した。インパルス応答測定では局所空間内での会話を想定し、音源(12面体スピーカ)から受音点までの距離を2.0m、音源・受音点高さを1.3m, 1.2mとした。音圧レベル測定では、音源スピーカを衝立から十分に離れた壁際に2台設置し、受音点はブース内中央の床面上に設置した。スピーカは壁向きとし、2台からピンクノイズを同時に放射した。衝立条件としては、各配置で衝立なしを参照条件(Case N)として、反射性の衝立(Case R)および衝立内側にグラスウール(32k, 100mm)を貼った吸音性の条件(Case A)の3条件で測定を行った。

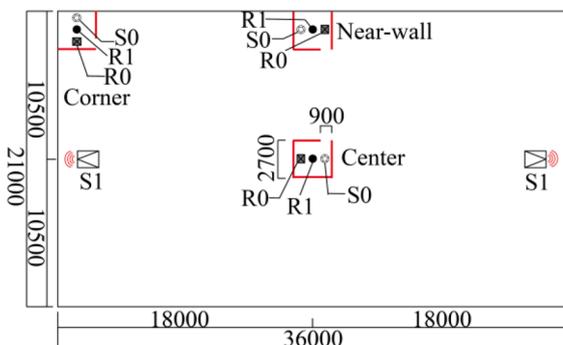


図1 衝立配置と音源・受音点位置  
(IR測定: S0, R0, SPL測定: S1, R1)

## 3. 結果と考察

### 3.1 遮音性能

ブース内外の遮音性能として、衝立の有無による音圧レベルの差から挿入損失を算出した。各配置における測定結果を図2に示す。反射性衝立では、500Hz以上では配置によらず同様の傾向となり、周波数の上昇に伴って挿入損失は若干増加するものの、5dBに満たない範囲に留まっている。一方、500Hz以下では配置によって異なる傾向がみられ、中央と壁際では位相干渉により挿入損失が負の値となる周波数帯域もあり、いずれの配置でも遮音性は殆どないことがわかる。

吸音性衝立では、反射性と比べて全周波数域で挿入損失は大きく増加している。高音側に着目すると、隅部では7~8dBに留まっているが、壁際では1kHz以上、中央では500Hz以上で10dBを超えていることが確認できる。一方、315Hz以下の低音域では、隅部で3dB程度、中央で6dB程度の挿入損失となっている。

なお、数値解析による挿入損失の計算結果<sup>[2]</sup>では、高吸音性の衝立の場合でも高音域で8dB程度に留まっていた。今回の実測では計算値を3dB程度上回る結果となったが、音場条件として上方より側方からの入射エネルギーが大きいことや吸音材の拡張作用が影響したものと考えられる。いずれにせよ、衝立内側を吸音性にするすることで、上部開放の場合でも周囲の騒音がかなり緩和されることが確認された。

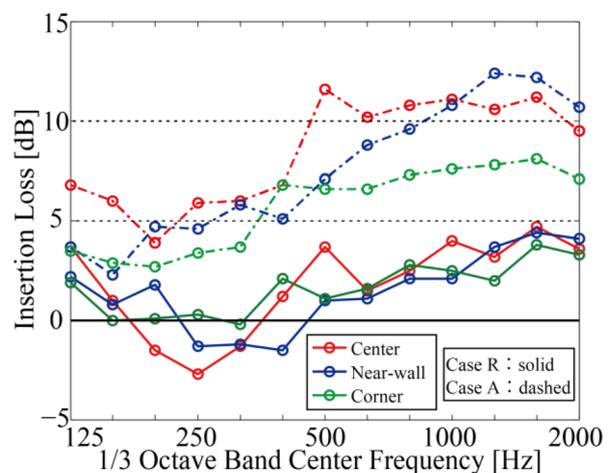


図2 測定結果: 挿入損失

### 3.2 室内音響指標

ブース内の音響特性として、測定されたインパルス応答から4つの室内音響指標  $T_{30}$ , EDT,  $D_{50}$ , STIr を算出した。衝立3条件の各配置における算出結果を図3-6に示す。

$T_{30}$  では、衝立なしで 2.0s を上回っているのに対して、衝立設置によりいずれの配置でも低下し、反射性の場合でも中音域で 1.3~1.6s 程度、吸音性では 1.1~1.5s 程度となっている。高音域では吸音性衝立による低下がより顕著であり、また、中央の配置で最も低下することが確認できる。一方、EDT では、衝立設置による低下がさらに顕著である。反射性の場合では 0.5s 程度、吸音性ではほぼ 0 に近い値となっており、残響感が極めて短い空間になっていると考えられる。衝立からの初期反射音が支配的となり、周囲の残響音も衝立の遮音により弱まったためと考えられる。

$D_{50}$  では、衝立なしで低音側に低下が生じているが、衝立の設置によりいずれの配置でもその低下が解消されている。また、反射性の場合全周波数域で 0.85~0.90、吸音性の場合では 1 に近い値となっており、明瞭性は非常に高くなっている。これらの傾向は EDT とも対応し、衝立設置により周囲の残響音が低減したためと考えられる。STIr で見ると、先ず衝立なしの条件では中央で 0.7 程度、壁際・隅部では壁面反射の影響によりその順で値はやや上昇している。これに対して、中央では反射性衝立の設置により 0.8 程度、吸音性の場合 0.9 程度となり、明瞭性の上昇が確認できる。今回の体育館のケースでは 2m 離れの会話の明瞭性は AIJES<sup>[1]</sup> の 2<sup>nd</sup> クラスに収まっていたため、衝立の効果はそれほど大きく現れなかったが、このケースでも周囲の暗騒音が加わった場合は、前述の挿入損失の効果により顕著な違いが生じるものと考えられる。

### 4. おわりに

本報では、体育館に衝立を実験的に配置し、ブース内のインパルス応答測定および衝立の挿入損失の測定により、衝立の配置と吸音処理の影響を検討した。挿入損失については、衝立内側が反射性の場合、3dB 以下に留まったが、吸音処理により中高音域で 10dB 以上の遮音性能が得られることを確認した。ブース内では周囲からの残響が大幅に抑制され、会話の明瞭性は向上することが確認された。

#### 参考文献

[1] 中津他, AIJ 大会梗概集 (環境工学 1), 329-330, 2019. [2] 中津他, INCEJ 秋季研発講論集, 209-210, 2020. [3] 日本建築学会環境基準, 都市・建築空間における音声伝送性能評価基準・同解説, 2011.

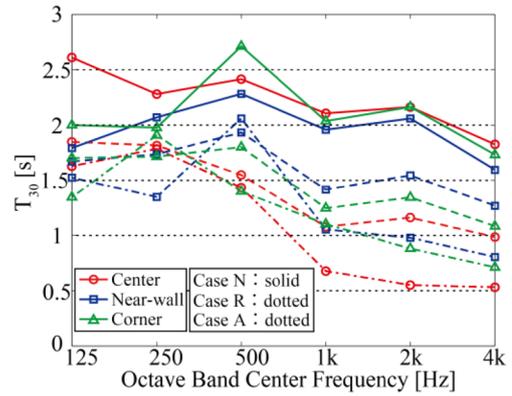


図3 測定結果:  $T_{30}$

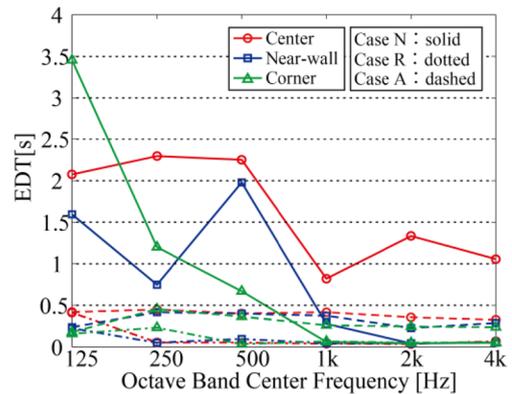


図4 測定結果: EDT

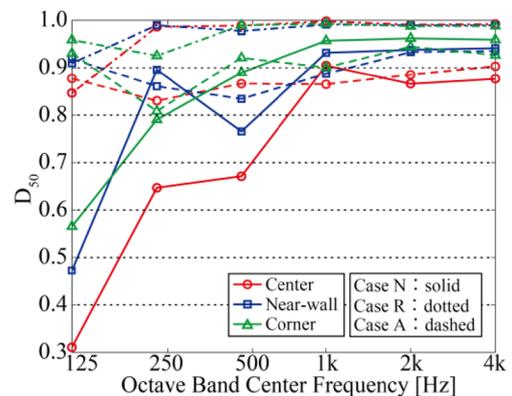


図5 測定結果:  $D_{50}$

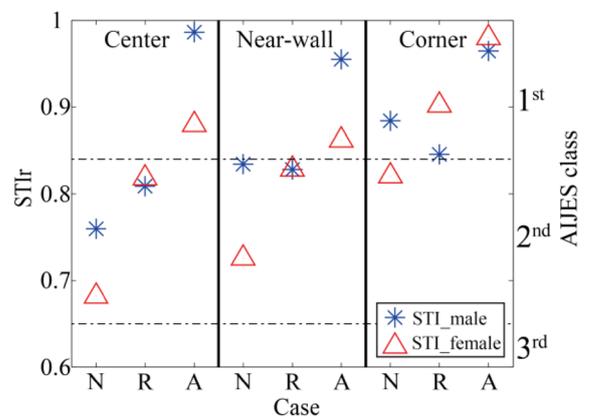


図6 測定結果: STIr

\*東京大学大学院新領域創成科学研究科 修士課程

\*\*東京大学大学院工学系研究科建築学専攻 教授・博士(工学)

\*Grad. Student, Grad. Sch. of Frontier Sci., Univ. of Tokyo

\*\*Prof., Dep. of Arch., Grad. Sch. of Eng., Univ. of Tokyo, Dr. Eng.

# 付録 A

受信点高さ 0.0m の数値解析における角度平均の挿入損失を示す。

配置	形状	吸音率	入射角度	挿入損失												
				周波数												
				125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1260	1600	2000
中央	二の字	0	0~10	0.1	0.1	0.5	0.6	0.4	-0.2	-0.7	-0.4	-0.3	0.1	0.0	0.1	0.0
			11~20	0.3	0.7	2.0	1.6	0.5	-0.4	-0.3	-0.2	-0.4	-0.5	-0.4	-0.4	-0.2
			21~30	0.2	2.0	2.6	1.5	0.4	1.1	1.1	0.6	0.7	0.5	0.4	0.3	0.1
			31~40	0.2	1.8	2.2	0.3	0.1	1.4	0.5	1.1	0.9	0.9	0.7	0.7	0.6
			41~50	1.8	0.6	0.1	-0.1	0.2	0.2	-0.1	-0.7	-0.5	-0.5	-0.7	-0.5	-0.4
			51~60	3.9	0.4	-0.1	-0.3	0.3	-0.7	-0.3	-0.5	-0.3	-0.1	0.2	0.1	0.0
			61~70	2.2	-2.4	-0.4	0.4	-0.6	0.2	-0.2	0.3	0.2	0.1	0.0	-0.1	0.0
			71~80	-0.7	-2.1	0.0	0.4	-0.4	0.2	0.1	0.0	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0
			81~90	-3.1	-3.8	0.7	-0.6	0.1	-0.1	-0.2	0.4	0.4	0.1	-0.1	0.0	0.1
	L字	0	0~10	0.2	0.1	0.4	0.5	0.3	0.1	-0.5	-0.5	-0.2	0.1	0.1	0.1	0.0
			11~20	1.0	0.7	1.9	1.7	0.7	-0.2	-0.2	0.0	-0.4	-0.4	-0.4	-0.3	-0.2
			21~30	2.9	2.0	3.2	1.3	0.2	1.0	1.2	0.6	0.7	0.5	0.4	0.3	0.2
			31~40	5.3	3.2	1.2	0.1	1.4	1.7	0.8	1.0	1.0	0.9	0.8	0.7	0.6
			41~50	4.6	1.3	-0.5	0.6	1.8	-0.2	0.4	0.2	-0.2	-0.3	-0.4	-0.3	-0.2
			51~60	1.9	-1.5	-0.4	1.2	-0.9	0.1	-0.8	-0.5	-0.2	-0.1	0.0	0.0	-0.1
			61~70	0.0	-2.3	-0.8	0.6	-1.6	-0.4	0.1	-0.2	-0.2	-0.2	-0.1	-0.1	-0.1
			71~80	-1.6	-1.6	0.0	-1.1	-0.1	-0.4	-0.2	-0.1	0.1	-0.1	-0.1	-0.1	0.0
			81~90	-2.8	-1.8	0.5	-0.1	0.2	-0.6	-0.3	0.2	-0.1	-0.1	-0.2	0.0	-0.1
	コの字	0	0~10	0.2	0.2	0.6	0.5	0.4	0.1	-0.8	-0.7	-0.4	0.1	0.0	0.1	-0.1
			11~20	0.4	1.0	2.6	1.5	0.8	-0.3	-0.4	-0.2	-0.6	-0.7	-0.6	-0.6	-0.3
			21~30	-0.4	2.6	3.3	1.6	0.6	1.3	1.7	0.8	1.0	0.7	0.5	0.4	0.2
			31~40	-0.5	2.0	2.5	0.6	1.0	2.6	1.0	1.7	1.5	1.3	1.1	1.0	0.9
			41~50	2.5	0.5	0.6	0.4	1.1	0.2	0.2	-0.4	-0.4	-0.5	-0.6	-0.5	-0.3
			51~60	0.8	0.7	0.4	0.7	-0.2	-0.1	-0.4	-0.5	-0.2	-0.1	0.1	0.1	-0.1
			61~70	-1.9	-1.9	-1.3	2.1	-1.3	0.1	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0
			71~80	-1.8	-0.5	-0.9	0.4	-0.5	0.0	-0.2	-0.1	0.2	0.0	-0.2	0.0	0.0
			81~90	-4.2	-2.1	-1.3	0.6	-0.5	-0.4	-0.7	0.0	-0.4	0.0	-0.5	-0.1	0.1
	口の字	0	0~10	0.2	0.4	0.6	0.6	0.1	-0.1	-1.5	-0.9	-0.3	0.2	0.1	0.2	-0.1
			11~20	-1.6	1.0	1.6	1.4	0.0	-0.3	-1.2	-0.5	-1.3	-1.5	-1.0	-0.9	-0.5
			21~30	-5.3	2.3	1.8	2.4	0.1	1.5	1.7	0.3	0.9	0.3	0.6	0.5	0.3
			31~40	-6.2	0.7	4.0	0.9	0.3	3.2	1.1	1.9	1.7	1.5	1.3	1.4	1.3
			41~50	-2.4	-0.4	0.2	1.3	0.2	0.1	-0.3	-1.1	-1.0	-1.1	-0.9	-0.6	-0.4
			51~60	-2.7	3.3	0.4	1.0	-1.0	-0.1	-0.5	-0.6	-1.2	-1.4	-0.4	-0.3	-0.4
			61~70	-4.5	-2.0	1.1	3.8	-1.5	1.3	-0.4	0.3	0.0	-0.6	-0.3	-0.2	-0.1
			71~80	2.7	2.7	-0.1	3.2	-0.1	2.8	1.3	1.1	0.9	-0.3	-0.4	-0.3	0.0
			81~90	-2.6	0.2	0.7	6.4	1.9	3.7	1.6	3.3	2.3	1.3	1.1	2.6	3.4
	口の字_開口	0	0~10	0.3	0.3	0.6	0.6	0.5	0.0	-1.1	-0.9	-0.5	0.1	0.0	0.2	-0.1
			11~20	1.3	1.1	2.2	1.4	0.8	-0.4	-0.9	-0.2	-0.7	-0.9	-0.8	-0.8	-0.5
			21~30	1.6	2.9	2.8	2.1	0.7	1.5	2.1	0.6	1.1	0.7	0.6	0.5	0.3
			31~40	1.6	2.2	2.4	0.7	0.9	3.3	0.9	1.9	1.8	1.5	1.4	1.2	1.1
			41~50	4.3	0.3	0.0	0.6	0.8	0.0	-0.2	-0.9	-0.7	-0.8	-0.7	-0.6	-0.3
			51~60	3.6	1.1	-0.5	0.6	0.0	-0.3	-0.6	-0.5	-0.5	-0.3	0.2	0.0	-0.2
			61~70	0.7	-2.1	-0.7	3.2	-1.0	0.9	-0.4	0.2	0.4	0.2	0.2	0.1	0.0
			71~80	-1.2	1.0	-1.5	1.5	-0.5	0.8	-0.7	0.3	0.8	0.3	0.1	0.1	0.1
			81~90	-4.5	-0.3	-2.8	-0.4	-1.9	0.1	-1.1	0.3	-0.2	-0.3	-1.0	-0.1	-0.1
	口の字(大)	0	0~10	-0.9	-0.2	-0.6	-0.4	0.4	-0.2	-0.2	-0.1	0.0	0.0	0.0	-0.1	-0.1
			11~20	-3.2	-0.8	-1.5	-0.7	-0.6	0.2	0.0	-0.4	-0.4	-0.3	-0.1	-0.1	-0.1
			21~30	-2.6	-2.0	-0.8	-1.2	-1.0	-1.3	-0.8	-0.4	-0.2	-0.2	-0.2	-0.2	-0.2
31~40			0.5	-0.3	0.1	-1.1	-0.6	-0.4	-0.6	-1.1	-1.1	-0.9	-0.8	-0.5	-0.4	
41~50			0.3	-0.5	0.6	0.5	1.4	1.2	1.0	0.7	0.6	0.3	0.4	0.3	0.3	
51~60			0.4	-0.1	1.1	-1.4	0.9	1.4	1.3	1.0	0.9	0.4	0.7	0.5	0.5	
61~70			-1.6	-3.5	2.6	-2.1	-0.7	-0.5	-1.0	-1.3	-1.2	-1.4	-1.0	-0.6	-0.6	
71~80			4.3	0.3	1.5	-2.9	0.9	0.9	0.3	-0.6	-0.4	-1.2	-0.5	0.1	-0.2	
81~90			0.4	-1.1	3.7	0.1	3.4	3.3	2.6	2.1	1.5	0.7	1.5	2.6	1.9	

配置	形状	吸音率	入射角度	挿入損失												
				周波数												
				125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1260	1600	2000
中央	二の字	0.2	0~10	0.6	0.8	0.5	0.4	0.0	-0.4	-0.8	-0.5	-0.2	0.1	0.1	0.1	0.0
			11~20	0.9	1.2	1.9	1.4	0.6	-0.2	-0.2	-0.2	-0.4	-0.5	-0.4	-0.3	-0.2
			21~30	1.1	2.3	2.7	1.5	0.8	1.2	1.3	0.8	0.8	0.6	0.5	0.4	0.2
			31~40	1.3	2.7	2.5	0.7	0.7	1.8	1.1	1.5	1.4	1.3	1.2	1.2	1.1
			41~50	2.6	1.9	0.6	0.4	0.9	0.7	0.7	0.1	0.2	0.2	0.1	0.2	0.3
			51~60	4.5	1.5	0.4	0.3	1.2	0.0	0.5	0.3	0.4	0.6	0.8	0.7	0.7
			61~70	3.8	-1.1	0.1	1.1	0.2	0.9	0.7	1.0	0.9	0.8	0.7	0.7	0.7
			71~80	1.6	-0.8	0.5	1.5	0.3	1.0	0.9	0.7	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
	81~90	-0.5	-2.1	1.1	1.4	0.7	0.8	0.7	1.0	1.0	0.9	0.8	0.8	0.9		
	L字	0.2	0~10	0.4	0.6	0.4	0.3	0.0	-0.3	-0.6	-0.5	-0.2	0.1	0.1	0.1	0.0
			11~20	1.1	1.1	1.8	1.5	0.6	-0.1	-0.2	-0.1	-0.4	-0.4	-0.4	-0.3	-0.2
			21~30	2.8	2.2	3.1	1.5	0.5	1.2	1.3	0.7	0.8	0.6	0.5	0.4	0.2
			31~40	5.1	3.3	1.6	0.5	1.8	2.0	1.2	1.4	1.4	1.3	1.3	1.2	1.1
			41~50	4.9	1.7	-0.1	1.2	2.3	0.4	1.0	0.9	0.5	0.5	0.4	0.5	0.6
			51~60	2.4	-0.8	0.2	2.1	-0.3	1.0	0.0	0.3	0.6	0.7	0.8	0.8	0.7
			61~70	0.6	-1.7	0.2	1.4	-0.8	0.5	1.0	0.6	0.6	0.7	0.7	0.7	0.7
			71~80	-0.9	-0.9	1.1	-0.2	0.8	0.3	0.6	0.7	0.9	0.7	0.7	0.7	0.7
	81~90	-2.1	-0.8	1.7	0.5	1.1	0.1	0.5	0.9	0.6	0.6	0.6	0.7	0.6		
	コの字	0.2	0~10	0.8	1.0	0.5	0.4	0.0	-0.4	-1.0	-0.7	-0.3	0.2	0.1	0.1	-0.1
			11~20	1.8	1.7	2.3	1.9	0.8	-0.2	-0.3	-0.2	-0.6	-0.7	-0.6	-0.5	-0.3
			21~30	3.3	3.4	3.8	2.3	1.1	1.8	2.0	1.2	1.2	0.9	0.8	0.6	0.3
			31~40	4.6	4.0	3.4	1.2	1.9	3.2	1.9	2.4	2.3	2.2	2.0	1.9	1.8
			41~50	5.6	2.6	1.4	1.6	2.5	1.1	1.5	0.8	0.8	0.7	0.6	0.7	0.9
			51~60	4.3	2.1	1.6	2.0	1.2	1.2	1.0	1.0	1.2	1.4	1.6	1.5	1.3
			61~70	2.6	-0.1	0.4	3.6	0.3	1.6	1.8	1.7	1.7	1.7	1.7	1.6	1.6
			71~80	2.2	1.4	0.8	2.1	1.4	1.6	1.7	1.7	2.0	1.8	1.8	1.9	1.9
	81~90	0.9	0.2	0.9	2.4	1.8	1.4	1.4	2.2	1.9	2.0	1.9	2.0	2.0		
	口の字	0.2	0~10	1.3	1.3	0.3	0.4	-0.2	-0.6	-1.3	-1.0	-0.4	0.2	0.1	0.2	-0.1
			11~20	2.9	2.4	2.2	2.3	0.8	-0.3	-0.5	-0.2	-0.7	-0.9	-0.8	-0.7	-0.4
			21~30	4.1	4.1	3.8	3.3	1.7	2.3	3.0	1.4	1.6	1.2	1.0	0.8	0.5
			31~40	3.6	4.0	5.9	1.9	2.8	5.0	2.8	3.6	3.4	3.2	2.9	2.7	2.6
			41~50	6.3	3.1	3.2	2.9	2.9	1.9	2.3	1.0	1.1	1.1	1.1	1.2	1.5
			51~60	7.9	6.7	4.1	2.8	2.6	2.2	2.4	2.1	2.1	2.3	2.7	2.4	2.2
			61~70	5.7	1.2	5.3	6.3	2.9	4.4	3.9	4.5	4.3	4.1	4.1	3.8	3.7
			71~80	12.3	5.8	4.6	5.6	4.9	6.6	6.5	6.5	6.5	6.5	6.2	6.2	6.1
	81~90	7.5	3.3	5.7	8.9	7.0	7.8	7.5	9.0	9.0	9.4	9.9	10.4	11.3		
	口の字_開口	0.2	0~10	1.1	1.1	0.4	0.5	0.0	-0.6	-1.2	-0.9	-0.4	0.2	0.1	0.2	-0.1
			11~20	2.5	2.1	2.5	2.4	1.1	-0.3	-0.4	-0.1	-0.7	-0.8	-0.7	-0.6	-0.4
			21~30	4.3	4.1	4.4	3.2	1.6	2.2	2.9	1.4	1.6	1.2	1.0	0.8	0.5
			31~40	5.1	4.7	4.7	1.7	2.4	4.6	2.3	3.3	3.1	2.7	2.6	2.4	2.3
			41~50	7.0	3.1	2.4	2.2	3.1	1.4	1.9	0.8	0.9	0.9	0.8	1.0	1.3
			51~60	7.1	3.4	2.6	2.5	2.2	1.7	1.9	1.8	1.7	2.1	2.3	2.2	1.9
61~70			4.4	0.3	2.7	6.0	1.4	3.5	3.1	3.4	3.2	3.2	3.1	2.9	2.9	
71~80			2.7	3.1	3.3	4.5	2.4	4.3	4.2	3.9	4.3	4.1	4.1	4.1	4.1	
81~90	0.1	2.0	3.8	5.6	2.7	4.4	4.3	4.5	4.7	4.7	4.8	5.1	5.3			
口の字(大)	0.2	0~10	-0.8	-0.5	-0.4	0.0	0.3	-0.2	-0.2	-0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.1	
		11~20	-1.7	-0.7	-1.4	-0.7	-0.4	0.2	0.1	-0.1	-0.2	-0.1	0.0	-0.1	0.0	
		21~30	-1.2	-0.6	-0.7	-0.9	-0.9	-1.1	-0.6	-0.2	-0.1	0.0	0.0	-0.1	-0.1	
		31~40	1.8	0.8	0.9	0.1	-0.2	-0.3	-0.5	-0.8	-0.8	-0.7	-0.6	-0.4	-0.3	
		41~50	3.4	2.2	1.4	2.9	2.3	1.7	1.6	1.4	1.1	0.9	0.7	0.5	0.4	
		51~60	3.3	3.5	2.5	1.6	2.6	2.7	2.6	2.5	2.4	2.1	2.0	1.7	1.6	
		61~70	3.7	0.7	4.3	2.5	1.4	1.5	0.8	0.8	0.6	0.6	0.9	1.1	1.2	
		71~80	9.9	4.9	3.6	3.1	3.3	3.3	3.3	3.4	3.8	3.7	3.4	3.4	3.3	
81~90	5.6	3.7	5.8	6.7	6.1	5.9	6.5	7.5	7.5	7.7	7.7	7.5	8.2			

配置	形状	吸音率	入射角度	挿入損失												
				周波数												
				125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1260	1600	2000
中央	二の字	0.8	0~10	2.4	2.1	-0.1	-0.7	-1.4	-1.5	-1.2	-0.5	-0.1	0.1	0.1	0.0	-0.1
			11~20	2.8	2.1	0.8	0.6	0.2	0.0	-0.2	-0.5	-0.6	-0.6	-0.5	-0.4	-0.2
			21~30	3.3	2.3	2.2	1.7	1.7	1.5	1.3	1.1	0.9	0.8	0.6	0.5	0.3
			31~40	3.5	3.0	2.8	2.0	2.4	2.4	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	2.2	2.2
			41~50	3.7	3.5	2.3	2.2	2.8	2.4	2.6	2.4	2.5	2.5	2.5	2.5	2.6
			51~60	4.0	3.2	2.3	2.1	3.2	2.2	2.7	2.6	2.5	2.6	2.7	2.6	2.6
			61~70	4.1	2.2	2.0	2.8	2.7	2.6	2.6	2.7	2.7	2.7	2.7	2.7	2.7
			71~80	3.6	2.2	2.1	3.1	2.5	2.8	2.6	2.6	2.6	2.6	2.7	2.7	2.7
	81~90	3.1	2.0	2.4	3.3	2.4	2.8	2.6	2.6	2.6	2.6	2.7	2.6	2.6		
	L字	0.8	0~10	1.6	1.6	0.0	-0.8	-1.4	-1.6	-1.2	-0.5	-0.1	0.1	0.1	0.0	-0.1
			11~20	1.9	1.6	0.8	0.5	0.1	0.1	-0.2	-0.5	-0.6	-0.6	-0.5	-0.4	-0.2
			21~30	2.6	1.9	2.1	1.7	1.5	1.5	1.3	1.1	0.9	0.8	0.6	0.5	0.3
			31~40	3.7	2.6	2.4	1.9	2.5	2.4	2.3	2.2	2.3	2.3	2.3	2.2	2.2
			41~50	4.0	2.7	1.7	2.7	3.0	2.2	2.6	2.6	2.5	2.5	2.5	2.6	2.6
			51~60	3.3	1.5	2.0	3.7	1.8	2.9	2.3	2.5	2.6	2.6	2.6	2.6	2.6
			61~70	2.2	0.8	2.9	3.0	1.8	2.5	2.8	2.5	2.5	2.6	2.6	2.6	2.6
			71~80	1.3	1.3	3.8	2.0	2.8	2.3	2.6	2.6	2.7	2.5	2.5	2.5	2.6
	81~90	0.6	1.8	4.0	2.0	3.0	2.1	2.4	2.7	2.5	2.5	2.4	2.5	2.5		
	コの字	0.8	0~10	2.5	2.3	-0.5	-1.2	-2.0	-2.2	-1.7	-0.7	-0.1	0.1	0.2	0.1	-0.1
			11~20	3.2	2.7	1.0	0.7	0.3	0.1	-0.3	-0.8	-0.9	-0.9	-0.7	-0.5	-0.3
			21~30	4.6	3.4	3.4	2.7	2.6	2.4	2.1	1.8	1.5	1.2	0.9	0.7	0.5
			31~40	6.1	4.9	4.7	3.3	4.4	4.3	4.1	4.1	4.1	4.0	4.0	4.0	4.0
			41~50	6.5	5.8	3.8	4.4	5.5	4.2	4.9	4.6	4.6	4.7	4.7	4.8	5.0
			51~60	6.3	5.0	4.3	5.3	4.7	4.9	4.9	4.9	5.0	5.1	5.2	5.2	5.1
			61~70	5.9	3.8	4.6	6.0	4.5	5.1	5.4	5.3	5.2	5.3	5.3	5.3	5.3
			71~80	5.3	4.4	5.5	5.1	5.4	5.1	5.3	5.3	5.4	5.3	5.3	5.3	5.4
	81~90	4.6	4.4	6.1	5.2	5.7	4.9	5.2	5.4	5.3	5.3	5.2	5.3	5.3		
	口の字	0.8	0~10	2.8	2.3	-1.0	-1.8	-2.6	-2.8	-2.2	-0.9	-0.2	0.2	0.3	0.1	-0.2
			11~20	4.1	3.5	0.9	0.8	0.4	0.1	-0.4	-1.0	-1.1	-1.1	-1.0	-0.7	-0.4
			21~30	7.2	5.0	4.8	4.0	4.0	3.4	3.1	2.5	2.1	1.7	1.3	1.0	0.6
			31~40	12.2	8.0	8.9	5.3	7.7	7.6	7.1	7.2	7.2	7.1	7.1	7.0	7.0
			41~50	13.8	13.1	7.7	8.1	11.9	7.9	10.5	8.4	8.9	9.3	9.4	9.9	10.4
			51~60	15.0	16.0	9.8	9.0	13.2	9.7	11.9	11.9	11.9	12.2	12.9	12.4	12.1
			61~70	18.9	10.7	10.7	14.2	13.5	13.5	14.9	16.5	15.5	15.8	16.8	16.7	17.2
			71~80	25.8	15.5	11.8	13.9	14.9	16.8	17.4	18.5	17.9	19.3	20.1	21.1	21.8
	81~90	18.1	12.3	12.9	17.2	16.7	18.1	17.8	19.6	20.3	21.2	22.4	23.3	24.2		
	口の字_開口	0.8	0~10	2.9	2.6	-0.7	-1.5	-2.4	-2.7	-2.1	-0.9	-0.2	0.1	0.3	0.1	-0.2
			11~20	3.9	3.5	1.2	0.9	0.5	0.1	-0.3	-0.9	-1.0	-1.0	-0.9	-0.7	-0.4
			21~30	6.3	4.7	4.7	3.8	3.7	3.2	2.9	2.4	2.0	1.6	1.2	0.9	0.6
			31~40	9.2	7.2	7.5	4.7	6.6	6.6	6.0	6.1	6.1	6.0	6.0	6.0	6.0
			41~50	9.8	9.7	6.3	6.7	9.6	6.4	8.1	6.9	7.1	7.4	7.4	7.7	8.0
			51~60	9.8	8.8	7.3	7.9	9.4	7.4	8.4	8.7	8.5	8.8	9.0	8.8	8.7
			61~70	9.9	6.7	7.9	11.6	8.4	9.3	9.8	9.9	9.6	9.7	9.9	9.9	10.0
			71~80	9.0	8.2	9.5	10.3	9.3	10.0	10.4	9.9	10.3	10.2	10.3	10.4	10.4
	81~90	7.5	7.8	11.0	10.9	9.9	10.0	10.4	10.1	10.5	10.3	10.3	10.4	10.4		
	口の字_開口	0.8	0~10	-2.4	-1.9	0.0	1.1	0.4	-0.2	-0.3	0.1	-0.1	0.0	0.0	0.0	0.0
			11~20	-2.0	-1.0	-1.4	-1.1	-0.2	0.3	0.2	-0.1	-0.2	-0.1	0.0	-0.1	0.0
			21~30	-0.8	-0.3	-1.1	-1.0	-1.2	-1.1	-0.6	-0.2	0.1	0.1	0.0	0.0	-0.1
31~40			2.5	0.8	1.7	0.4	0.1	-0.3	-0.6	-0.8	-0.8	-0.7	-0.5	-0.4	-0.2	
41~50			6.0	4.0	3.1	3.8	3.3	2.7	2.4	2.1	1.7	1.4	1.1	0.9	0.7	
51~60			6.5	7.2	6.6	5.0	6.3	6.3	6.1	6.3	6.3	6.3	6.2	6.1	6.0	
61~70			9.1	5.0	9.0	8.4	7.1	7.6	7.5	7.4	7.3	7.7	8.1	8.4	8.6	
71~80			16.5	10.2	10.1	8.8	9.7	10.3	11.5	12.1	13.3	13.6	13.4	13.7	14.0	
81~90	10.5	8.3	11.9	12.6	12.8	12.9	14.3	15.7	16.3	16.7	18.0	18.5	19.4			

配置	形状	吸音率	入射角度	挿入損失												
				周波数												
				125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1260	1600	2000
壁	一の字	0	0~10	0.1	0.1	0.4	0.4	0.3	0.0	-0.3	-0.2	-0.1	0.0	0.0	0.1	0.0
			11~20	0.4	0.5	1.0	0.5	0.3	-0.3	-0.1	-0.1	-0.2	-0.3	-0.2	-0.2	-0.1
			21~30	0.5	0.8	1.2	0.8	0.2	0.5	0.5	0.3	0.3	0.2	0.2	0.2	0.1
			31~40	0.3	1.3	1.7	0.0	0.0	0.7	0.2	0.5	0.4	0.4	0.3	0.3	0.3
			41~50	0.5	0.7	-0.1	0.0	0.3	0.1	0.0	-0.3	-0.3	-0.3	-0.3	-0.3	-0.2
			51~60	3.0	0.5	-0.4	-0.4	0.1	-0.5	-0.1	-0.3	-0.1	0.0	0.1	0.1	0.0
			61~70	2.2	-1.4	-0.3	0.1	-0.5	0.1	-0.1	0.2	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0
			71~80	-0.2	-0.9	0.1	0.4	-0.2	0.3	-0.1	-0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	81~90	-2.3	-1.5	0.2	-1.0	0.1	0.1	0.0	0.3	0.3	0.2	0.0	0.0	0.1		
	二の字	0	0~10	0.1	0.2	0.5	0.3	0.3	0.0	-0.8	-0.4	-0.3	0.1	0.0	0.1	0.0
			11~20	0.2	1.1	2.4	0.7	0.3	-0.3	-0.3	-0.2	-0.4	-0.5	-0.4	-0.4	-0.2
			21~30	-1.7	3.8	2.1	0.7	0.6	0.7	1.2	0.5	0.6	0.4	0.3	0.3	0.1
			31~40	-3.3	0.5	1.7	0.7	0.2	1.8	0.6	1.2	1.0	0.9	0.7	0.7	0.6
			41~50	-0.3	-0.5	1.1	0.2	0.0	0.3	-0.1	-0.5	-0.4	-0.4	-0.5	-0.4	-0.3
			51~60	0.0	1.4	1.0	-0.2	0.2	-0.3	-0.2	-0.4	-0.2	0.0	0.1	0.1	0.0
			61~70	-1.3	-0.7	-1.3	1.6	-0.4	0.2	0.0	0.2	0.2	0.1	0.1	0.0	0.0
			71~80	-0.5	0.7	-1.5	1.1	-0.3	0.1	-0.1	0.1	0.1	0.1	0.0	0.1	0.0
	81~90	-2.5	-1.2	-2.0	0.9	-0.7	-0.1	-0.5	0.0	-0.4	0.0	-0.1	-0.1	0.1		
	L字	0	0~10	0.3	0.2	0.6	0.5	0.4	0.1	-0.5	-0.5	-0.2	0.0	0.0	0.1	0.0
			11~20	1.0	0.9	2.1	1.5	0.5	-0.2	-0.3	-0.1	-0.4	-0.5	-0.4	-0.4	-0.2
			21~30	2.6	2.2	2.5	1.1	0.5	0.8	1.2	0.5	0.6	0.4	0.3	0.3	0.1
			31~40	3.2	2.2	1.8	0.5	0.8	1.8	0.7	1.0	1.0	0.9	0.8	0.7	0.6
			41~50	1.0	0.3	0.5	0.4	1.5	0.1	0.4	0.0	-0.2	-0.2	-0.4	-0.3	-0.2
			51~60	1.2	0.4	0.3	0.2	-0.1	-0.1	-0.4	-0.4	-0.2	-0.1	0.0	0.0	-0.1
			61~70	-1.2	-1.2	-1.5	1.4	-1.3	0.0	0.1	-0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	-0.1
			71~80	-1.2	0.4	-1.3	0.5	-0.5	0.1	-0.3	-0.2	0.1	-0.1	-0.1	0.0	0.0
	81~90	-3.2	-0.8	-1.2	1.1	-0.4	-0.2	-0.5	0.2	-0.3	0.0	-0.2	0.0	0.1		
	コの字	0	0~10	0.3	0.4	0.7	0.6	0.3	0.0	-1.1	-0.7	-0.1	0.2	-0.2	0.1	-0.1
			11~20	-1.6	1.2	2.3	1.5	0.1	-0.3	-0.8	-0.4	-1.3	-1.4	-0.9	-0.7	-0.5
			21~30	-5.1	3.4	1.3	1.8	0.7	0.8	1.5	0.2	0.7	0.2	0.3	0.3	0.1
			31~40	-6.2	0.6	2.7	1.0	0.5	2.2	1.0	1.3	1.3	1.2	0.7	1.0	0.9
			41~50	-4.7	-0.6	0.5	1.0	0.1	0.1	-0.2	-0.8	-0.9	-1.0	-0.9	-0.5	-0.4
			51~60	-3.5	2.5	-0.2	0.1	-0.6	-0.4	-0.3	-0.7	-1.0	-1.2	-0.6	-0.2	-0.3
			61~70	-5.7	-1.1	0.7	2.6	-1.1	0.8	-0.2	0.0	-0.3	-0.7	-0.8	-0.1	-0.2
			71~80	0.7	3.5	-1.0	3.4	0.3	2.2	1.4	0.3	-0.6	-1.2	-1.6	-0.3	-0.3
	81~90	-3.4	1.6	0.1	7.0	2.3	3.2	2.4	2.7	0.5	0.2	-0.7	2.8	2.5		
	コの字_開口	0	0~10	0.3	0.3	0.6	0.5	0.5	0.0	-0.9	-0.7	-0.4	0.0	0.0	0.2	-0.1
			11~20	1.0	1.3	2.6	1.1	0.5	-0.3	-0.6	-0.2	-0.5	-0.7	-0.6	-0.6	-0.4
			21~30	0.5	3.7	2.4	1.5	0.7	0.9	1.7	0.4	0.8	0.4	0.5	0.3	0.2
			31~40	-0.4	1.3	2.1	0.7	0.4	2.5	0.6	1.4	1.3	1.1	1.0	0.9	0.8
			41~50	2.9	0.1	0.5	0.3	0.6	0.0	-0.2	-0.8	-0.6	-0.6	-0.6	-0.5	-0.3
			51~60	2.9	1.5	-0.2	0.0	0.2	-0.4	-0.5	-0.5	-0.4	-0.3	0.1	0.0	-0.2
			61~70	0.4	-1.0	-0.4	2.5	-0.4	0.7	-0.3	0.2	0.3	0.1	0.1	0.0	0.0
			71~80	-0.6	2.4	-1.9	2.1	-0.4	1.0	-0.4	0.2	0.7	0.2	0.2	0.0	0.1
	81~90	-3.8	0.3	-3.5	0.4	-2.0	0.3	-0.6	0.4	0.0	-0.1	-0.4	0.2	0.2		

配置	形状	吸音率	入射角度	挿入損失												
				周波数												
				125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1260	1600	2000
壁	一の字	0.2	0~10	0.4	0.4	0.4	0.3	0.2	-0.1	-0.3	-0.3	-0.1	0.0	0.0	0.1	0.0
			11~20	0.6	0.6	0.9	0.5	0.3	-0.2	-0.1	-0.1	-0.2	-0.2	-0.2	-0.2	-0.1
			21~30	0.6	0.8	1.1	0.9	0.4	0.6	0.6	0.4	0.4	0.3	0.2	0.2	0.1
			31~40	0.7	1.4	1.8	0.2	0.2	0.8	0.4	0.7	0.6	0.6	0.6	0.5	0.5
			41~50	1.2	1.2	0.2	0.2	0.6	0.4	0.4	0.0	0.1	0.1	0.0	0.1	0.2
			51~60	3.4	1.0	0.0	0.0	0.6	-0.1	0.3	0.2	0.2	0.3	0.4	0.4	0.3
			61~70	2.9	-0.9	-0.1	0.6	0.0	0.5	0.4	0.5	0.4	0.4	0.4	0.3	0.4
			71~80	0.8	-0.5	0.3	1.1	0.1	0.6	0.4	0.3	0.4	0.4	0.5	0.5	0.4
	81~90	-1.1	-1.0	0.4	0.6	0.3	0.5	0.4	0.6	0.7	0.5	0.5	0.5	0.5		
	二の字	0.2	0~10	0.7	0.7	0.4	0.3	0.0	-0.3	-0.8	-0.5	-0.2	0.1	0.1	0.1	0.0
			11~20	1.3	1.5	2.1	1.6	0.6	-0.2	-0.3	-0.2	-0.4	-0.5	-0.4	-0.4	-0.2
			21~30	1.9	4.1	2.7	1.1	0.9	0.9	1.4	0.7	0.7	0.5	0.4	0.4	0.2
			31~40	1.4	2.0	2.1	1.0	1.0	2.2	1.2	1.6	1.5	1.4	1.2	1.2	1.1
			41~50	2.3	0.9	1.6	1.1	1.1	0.9	0.8	0.4	0.5	0.5	0.4	0.5	0.6
			51~60	2.2	2.2	1.9	0.8	1.1	0.7	0.8	0.6	0.7	0.9	1.0	1.0	0.9
			61~70	1.7	0.6	-0.1	2.7	0.6	1.2	1.3	1.3	1.3	1.2	1.2	1.1	1.2
			71~80	2.4	2.0	-0.3	2.2	1.0	1.2	1.3	1.3	1.4	1.4	1.3	1.4	1.4
	81~90	1.5	0.5	-0.5	2.2	1.0	1.2	1.0	1.6	1.4	1.5	1.5	1.4	1.6		
	L字	0.2	0~10	0.6	0.6	0.5	0.4	0.1	-0.2	-0.6	-0.5	-0.2	0.1	0.1	0.1	0.0
			11~20	1.4	1.2	1.9	1.5	0.5	-0.3	-0.2	-0.1	-0.4	-0.5	-0.4	-0.3	-0.2
			21~30	3.1	2.4	2.5	1.4	0.7	1.1	1.3	0.7	0.8	0.6	0.5	0.4	0.2
			31~40	5.0	2.9	2.3	0.9	1.2	2.1	1.2	1.5	1.4	1.3	1.3	1.2	1.1
			41~50	3.6	1.4	1.0	1.1	2.3	0.8	1.1	0.7	0.5	0.6	0.5	0.5	0.7
			51~60	3.2	1.4	1.0	1.2	0.9	0.8	0.6	0.6	0.8	0.9	1.0	1.0	0.9
			61~70	1.6	-0.2	-0.3	2.7	-0.1	1.1	1.4	1.1	1.2	1.1	1.1	1.1	1.1
			71~80	1.6	1.4	0.0	1.8	0.8	1.2	1.1	1.2	1.4	1.3	1.3	1.3	1.3
	81~90	0.2	0.7	0.4	2.4	1.1	1.1	1.0	1.7	1.3	1.4	1.4	1.5	1.6		
	コの字	0.2	0~10	1.1	1.0	0.4	0.5	0.0	-0.3	-1.0	-0.8	-0.3	0.2	0.1	0.2	-0.1
			11~20	2.4	1.9	2.3	2.1	0.6	-0.4	-0.4	-0.2	-0.6	-0.7	-0.6	-0.5	-0.3
			21~30	2.8	4.3	2.5	2.2	1.3	1.4	2.3	0.9	1.1	0.8	0.7	0.6	0.3
			31~40	2.0	3.0	4.0	1.4	1.7	3.5	2.0	2.5	2.4	2.2	2.0	1.9	1.8
			41~50	4.0	1.6	2.6	2.3	1.9	1.5	1.5	0.7	0.8	0.9	0.8	0.9	1.1
			51~60	6.2	4.6	3.0	1.7	2.1	1.6	1.7	1.4	1.5	1.6	1.9	1.8	1.6
			61~70	3.6	1.0	4.3	4.8	2.5	3.4	3.0	3.5	3.2	3.1	3.0	2.9	2.7
			71~80	9.8	5.6	2.9	5.5	4.3	5.8	5.4	5.3	5.3	5.1	5.0	4.8	4.7
	81~90	5.9	3.6	4.3	9.1	6.5	7.2	6.9	8.3	8.4	8.6	9.0	9.4	10.2		
	コの字_開口	0.2	0~10	0.9	0.9	0.5	0.5	0.1	-0.3	-0.9	-0.7	-0.3	0.1	0.1	0.2	-0.1
			11~20	2.0	1.8	2.5	2.0	0.8	-0.3	-0.3	-0.1	-0.5	-0.7	-0.5	-0.5	-0.3
			21~30	3.0	4.3	3.4	2.3	1.2	1.4	2.2	0.9	1.1	0.8	0.7	0.6	0.3
			31~40	2.8	3.3	3.4	1.2	1.4	3.3	1.5	2.2	2.1	1.9	1.8	1.7	1.6
			41~50	5.4	1.9	2.0	1.6	2.2	1.0	1.3	0.6	0.6	0.6	0.6	0.7	0.9
			51~60	5.8	2.9	2.0	1.6	1.8	1.2	1.3	1.2	1.2	1.4	1.6	1.5	1.3
			61~70	3.3	0.6	2.1	4.8	1.3	2.7	2.4	2.6	2.4	2.4	2.3	2.2	2.1
			71~80	2.4	3.8	1.9	4.3	1.8	3.7	3.4	3.1	3.5	3.2	3.2	3.2	3.2
	81~90	-0.1	2.1	1.8	5.3	1.7	3.8	3.6	3.8	3.9	4.0	4.1	4.3	4.5		

配置	形状	吸音率	入射角度	挿入損失												
				周波数												
				125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1260	1600	2000
壁際	一の字	0.8	0~10	1.3	1.2	0.1	-0.1	-0.4	-0.6	-0.6	-0.2	-0.1	0.0	0.1	0.0	0.0
			11~20	1.2	0.8	0.4	0.1	-0.2	-0.2	0.0	-0.3	-0.3	-0.3	-0.2	-0.2	-0.1
			21~30	0.7	0.5	0.3	0.8	1.1	0.7	0.6	0.5	0.4	0.3	0.3	0.2	0.1
			31~40	0.8	1.1	1.9	0.9	0.5	1.0	0.9	1.1	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
			41~50	2.3	2.3	1.4	0.6	1.2	1.1	1.1	0.8	1.0	1.0	1.0	1.1	1.1
			51~60	3.6	2.5	1.1	0.6	2.2	0.8	1.5	1.4	1.3	1.3	1.3	1.2	1.2
			61~70	3.8	1.2	0.7	1.6	1.7	1.5	1.4	1.6	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
			71~80	3.1	1.2	0.7	2.3	1.2	1.8	1.5	1.5	1.5	1.6	1.6	1.6	1.6
	81~90	2.2	1.0	0.6	2.5	1.1	1.8	1.6	1.5	1.7	1.6	1.7	1.6	1.7		
	二の字	0.8	0~10	1.9	1.5	-0.4	-0.8	-1.3	-1.3	-1.1	-0.4	0.0	0.1	0.2	0.0	-0.1
			11~20	2.4	1.8	0.9	1.1	0.6	-0.2	-0.4	-0.5	-0.6	-0.6	-0.5	-0.4	-0.2
			21~30	4.2	3.3	3.3	1.4	1.1	1.4	1.4	0.9	0.8	0.7	0.5	0.4	0.3
			31~40	6.7	4.5	2.8	1.7	3.2	2.7	2.4	2.4	2.4	2.3	2.3	2.3	2.3
			41~50	5.1	3.7	2.6	3.6	3.9	2.8	3.3	3.1	3.0	3.1	3.0	3.1	3.2
			51~60	4.0	3.6	3.9	4.5	3.1	4.1	3.5	3.6	3.7	3.7	3.7	3.7	3.7
			61~70	3.8	3.3	4.2	4.7	3.3	4.1	4.3	4.0	4.0	4.1	4.1	4.1	4.1
			71~80	3.9	4.2	4.8	3.8	4.4	3.8	4.2	4.3	4.3	4.2	4.2	4.1	4.2
	81~90	3.9	4.1	5.4	3.7	4.9	3.8	4.0	4.4	4.1	4.1	4.1	4.2	4.1		
	L字	0.8	0~10	1.7	1.6	-0.1	-0.6	-1.0	-1.3	-1.2	-0.5	-0.1	0.1	0.2	0.0	-0.1
			11~20	2.0	1.5	0.9	0.5	0.0	-0.3	-0.2	-0.5	-0.6	-0.6	-0.5	-0.4	-0.2
			21~30	2.3	1.7	1.5	1.5	1.6	1.5	1.3	1.0	0.9	0.7	0.6	0.4	0.3
			31~40	3.7	2.9	3.2	1.9	2.1	2.4	2.2	2.4	2.3	2.3	2.3	2.2	2.2
			41~50	5.5	4.0	2.7	2.6	3.6	2.6	3.0	2.5	2.6	2.7	2.7	2.8	2.9
			51~60	5.7	4.2	3.0	3.4	3.8	3.3	3.5	3.5	3.4	3.4	3.5	3.4	3.3
			61~70	5.2	2.8	2.9	4.8	3.4	3.9	4.0	4.0	3.9	4.0	4.0	4.0	4.0
			71~80	4.8	3.5	3.4	4.6	3.9	4.1	4.0	4.1	4.2	4.1	4.2	4.2	4.2
	81~90	4.1	3.3	3.8	4.7	4.1	4.0	4.1	4.3	4.2	4.2	4.2	4.2	4.2		
	コの字	0.8	0~10	2.5	1.9	-0.7	-1.1	-1.6	-1.9	-1.6	-0.7	-0.1	0.1	0.3	0.1	-0.2
			11~20	3.5	2.6	1.2	1.1	0.3	-0.4	-0.4	-0.7	-0.9	-0.9	-0.7	-0.6	-0.3
			21~30	5.7	3.9	3.1	2.2	2.4	2.3	2.2	1.5	1.4	1.1	0.9	0.7	0.4
			31~40	8.7	6.3	5.6	3.0	4.4	4.6	4.1	4.4	4.3	4.2	4.1	4.1	4.0
			41~50	12.2	8.4	5.6	5.7	7.4	5.2	6.1	5.0	5.2	5.5	5.5	5.7	5.9
			51~60	16.0	12.0	8.2	7.1	8.9	7.7	8.7	8.3	8.2	8.1	8.3	8.0	7.7
			61~70	15.9	8.3	9.3	11.9	10.7	11.0	12.0	12.4	12.0	12.3	12.5	12.4	12.6
			71~80	22.2	13.1	10.7	12.2	13.4	14.2	14.9	15.5	15.6	16.1	17.0	17.5	17.8
	81~90	16.8	10.8	11.6	15.8	15.6	16.1	16.1	18.3	18.6	19.5	20.4	21.3	22.3		
コの字_開口	0.8	0~10	2.4	1.9	-0.4	-0.9	-1.5	-1.7	-1.5	-0.7	-0.1	0.1	0.3	0.1	-0.1	
		11~20	3.1	2.4	1.3	1.2	0.5	-0.3	-0.3	-0.6	-0.8	-0.8	-0.7	-0.5	-0.3	
		21~30	5.1	3.9	3.7	2.2	2.1	2.0	2.1	1.4	1.3	1.0	0.8	0.7	0.5	
		31~40	8.5	6.5	5.1	2.6	4.0	4.2	3.4	3.8	3.7	3.5	3.6	3.5	3.5	
		41~50	9.6	7.4	4.3	4.8	7.1	4.1	5.3	4.4	4.4	4.6	4.6	4.8	4.9	
		51~60	9.0	7.1	5.9	6.7	6.6	6.2	6.1	6.4	6.2	6.3	6.4	6.2	6.0	
		61~70	8.4	5.4	6.7	10.3	6.5	8.0	8.2	7.8	7.6	7.9	7.9	7.9	8.0	
		71~80	7.7	7.3	8.3	8.4	8.0	8.5	8.8	8.5	8.8	8.7	8.8	8.8	8.8	
81~90	6.7	6.8	9.6	9.0	9.1	8.7	9.0	8.9	9.2	9.0	8.8	8.9	9.0			

配置	形状	吸音率	入射角度	挿入損失												
				周波数												
				125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1260	1600	2000
隅部	一の字	0	0~10	0.2	0.2	0.4	0.3	0.2	0.1	-0.3	-0.3	-0.1	0.0	0.0	0.1	0.0
			11~20	0.4	0.6	1.4	0.5	0.2	-0.2	-0.2	-0.1	-0.2	-0.3	-0.2	-0.2	-0.1
			21~30	-0.1	1.3	1.1	0.4	0.3	0.3	0.6	0.2	0.3	0.2	0.1	0.1	0.1
			31~40	-3.6	1.1	1.0	0.2	0.1	0.8	0.3	0.5	0.5	0.4	0.3	0.3	0.3
			41~50	-1.8	-0.3	0.4	0.2	0.2	0.1	0.1	-0.2	-0.2	-0.2	-0.3	-0.2	-0.1
			51~60	1.0	0.5	0.5	-0.5	0.2	-0.3	-0.2	-0.2	-0.1	0.0	0.0	0.0	0.0
			61~70	-0.7	-0.5	-0.8	0.5	-0.3	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0
			71~80	0.0	0.9	-1.0	1.1	-0.2	0.2	0.0	-0.1	0.0	0.0	-0.1	0.0	0.0
	81~90	-1.5	-0.1	-1.2	1.1	-0.5	0.2	-0.1	0.1	-0.2	0.1	-0.2	0.0	0.2		
	L字	0	0~10	0.5	0.3	0.6	0.6	0.4	0.2	-0.6	-0.6	-0.1	0.2	0.0	0.1	-0.1
			11~20	-1.3	0.8	2.5	1.4	0.2	-0.2	-0.5	-0.3	-1.2	-1.2	-0.6	-0.5	-0.3
			21~30	-5.7	2.0	0.7	1.4	0.7	0.1	1.1	0.1	0.5	0.1	0.2	0.2	0.1
			31~40	-8.9	1.2	1.6	0.7	0.4	1.0	0.7	0.7	0.9	0.8	0.4	0.7	0.6
			41~50	-6.2	-0.6	0.5	0.8	0.3	0.0	-0.1	-0.7	-0.9	-0.8	-0.7	-0.3	-0.3
			51~60	-2.3	1.5	-0.7	-0.6	-0.2	-0.6	-0.3	-0.6	-1.0	-1.0	-0.7	-0.1	-0.2
			61~70	-5.1	-0.7	0.6	1.4	-0.7	0.1	0.0	-0.1	-0.6	-0.7	-0.9	0.0	-0.2
			71~80	0.8	4.0	-1.1	3.8	1.0	1.5	1.4	-0.6	-2.4	-2.5	-1.6	-0.3	-0.3
	81~90	-2.5	2.9	0.6	7.7	3.6	2.8	3.4	2.0	-1.3	-1.3	-1.4	2.9	2.4		
	L字_開口	0	0~10	0.2	0.3	0.6	0.5	0.4	0.1	-0.5	-0.5	-0.3	0.0	0.0	0.1	0.0
			11~20	0.5	0.9	2.5	0.9	0.6	-0.3	-0.4	-0.1	-0.3	-0.5	-0.4	-0.4	-0.2
			21~30	-0.6	1.7	2.5	1.0	0.5	0.4	1.1	0.3	0.6	0.3	0.3	0.3	0.1
			31~40	-3.7	2.5	1.8	0.3	0.2	1.6	0.3	0.9	0.8	0.6	0.6	0.6	0.5
			41~50	-1.1	-0.2	0.2	0.2	0.5	0.0	-0.1	-0.5	-0.4	-0.4	-0.5	-0.4	-0.2
			51~60	2.7	0.5	-0.3	-0.6	0.1	-0.7	-0.4	-0.4	-0.3	-0.2	0.0	0.0	-0.1
61~70			-0.2	-0.7	-0.3	1.2	-0.3	0.6	0.0	0.4	0.2	0.2	0.1	0.0	0.0	
71~80			-0.1	2.7	-1.3	2.0	-0.3	1.1	-0.1	0.0	0.3	0.0	0.1	0.0	0.1	
81~90	-2.8	1.4	-3.5	0.9	-1.6	0.5	0.1	0.4	0.3	0.0	-0.4	0.3	0.1			

配置	形状	吸音率	入射角度	挿入損失												
				周波数												
				125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1260	1600	2000
隅部	一の字	0.2	0~10	0.4	0.4	0.3	0.3	0.1	-0.1	-0.4	-0.3	-0.1	0.0	0.0	0.1	0.0
			11~20	0.7	0.6	1.3	0.6	0.2	-0.2	-0.1	-0.1	-0.2	-0.3	-0.2	-0.2	-0.1
			21~30	0.5	1.5	1.1	0.6	0.4	0.4	0.6	0.3	0.3	0.2	0.2	0.2	0.1
			31~40	-1.4	1.3	1.2	0.4	0.3	1.0	0.5	0.7	0.7	0.6	0.6	0.6	0.5
			41~50	0.0	0.2	0.7	0.5	0.6	0.4	0.4	0.1	0.2	0.2	0.2	0.2	0.3
			51~60	1.9	1.0	0.9	0.1	0.7	0.2	0.4	0.3	0.4	0.4	0.5	0.5	0.4
			61~70	0.8	0.0	-0.2	1.3	0.3	0.7	0.7	0.7	0.7	0.6	0.6	0.6	0.6
			71~80	1.5	1.4	-0.3	1.7	0.4	0.8	0.7	0.6	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7
	81~90	0.4	0.6	-0.4	1.8	0.3	0.8	0.6	0.9	0.8	0.9	0.9	0.8	1.0		
	L字	0.2	0~10	0.9	0.7	0.5	0.5	0.2	-0.1	-0.7	-0.6	-0.2	0.1	0.1	0.1	0.0
			11~20	1.6	1.1	2.5	1.6	0.3	-0.3	-0.3	-0.1	-0.4	-0.5	-0.4	-0.4	-0.2
			21~30	0.0	2.8	1.0	1.5	0.9	0.7	1.4	0.5	0.7	0.5	0.4	0.3	0.2
			31~40	-2.1	2.1	2.4	0.9	0.8	1.9	1.2	1.5	1.5	1.4	1.3	1.2	1.1
			41~50	0.6	0.5	1.6	1.5	1.1	0.9	0.9	0.3	0.5	0.5	0.5	0.6	0.7
			51~60	4.5	2.7	1.5	0.6	1.4	0.8	1.0	0.9	1.0	0.9	1.2	1.1	1.0
			61~70	1.7	0.5	3.1	3.1	1.5	2.3	2.0	2.3	2.1	2.0	2.0	1.9	1.7
			71~80	7.4	5.3	1.7	5.5	3.5	4.7	4.1	3.6	3.7	3.4	3.4	3.1	3.1
	81~90	4.3	4.1	3.6	9.6	6.3	6.5	6.2	7.3	7.7	7.6	7.8	7.8	8.3		
	L字_開口	0.2	0~10	0.7	0.6	0.5	0.5	0.3	-0.1	-0.6	-0.6	-0.2	0.1	0.1	0.1	0.0
			11~20	1.3	1.1	2.3	1.4	0.5	-0.3	-0.2	0.0	-0.3	-0.4	-0.4	-0.4	-0.2
			21~30	0.8	2.4	2.5	1.3	0.8	0.7	1.3	0.5	0.7	0.4	0.4	0.4	0.2
			31~40	-0.6	2.9	2.3	0.6	0.6	2.0	0.8	1.3	1.2	1.1	1.0	1.0	0.9
			41~50	1.8	0.6	1.0	0.9	1.4	0.6	0.8	0.2	0.3	0.3	0.3	0.4	0.5
			51~60	4.9	1.4	1.1	0.5	1.1	0.4	0.7	0.7	0.7	0.8	0.9	0.9	0.8
61~70			1.9	0.1	1.2	2.9	0.8	1.9	1.6	1.8	1.5	1.5	1.4	1.3	1.3	
71~80			1.8	3.5	1.3	3.8	1.0	2.9	2.2	1.9	2.2	2.1	2.2	2.1	2.1	
81~90	-0.6	2.3	0.9	4.3	0.5	2.8	2.7	2.5	2.9	2.8	3.0	3.1	3.4			



配置	形状	吸音率	挿入損失											
			周波数											
			125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1260	1600
壁	一の字	0	0.0	-0.5	0.2	-0.1	0.0	0.1	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0
	二の字		-1.3	0.0	-0.2	0.7	-0.1	0.2	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0
	L字		-0.9	0.0	-0.2	0.8	-0.1	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	コの字		-3.7	1.0	0.4	2.2	0.2	1.1	0.6	0.3	-0.3	-0.5	-0.7	0.3
	コの字_開口		-0.7	0.7	-0.7	1.0	-0.3	0.5	-0.2	0.1	0.2	0.0	0.0	0.0
	一の字	0.2	0.8	-0.1	0.4	0.5	0.3	0.4	0.4	0.4	0.4	0.3	0.3	
	二の字		1.8	1.3	0.8	1.6	0.9	1.1	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	
	L字		1.7	1.0	0.7	1.6	0.8	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	
	コの字		4.6	3.0	3.2	3.5	2.7	3.0	2.8	2.7	2.7	2.6	2.7	
	コの字_開口		2.3	2.2	2.1	2.9	1.6	2.2	2.0	1.9	2.0	1.9	1.9	
	一の字	0.8	1.0	1.4	0.9	1.3	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	
	二の字		3.9	3.6	3.5	3.1	3.2	3.0	3.1	3.0	3.0	3.0	3.0	
	L字		4.2	3.2	2.8	3.2	3.0	2.9	3.0	2.9	2.9	2.9	2.9	
	コの字		10.6	8.2	6.5	6.2	6.8	6.3	6.5	6.3	6.2	6.2	6.3	
	コの字_開口		6.929	5.987	5.405	5.323	5.39	5.101	5.197	5	5	4.977	4.972	

配置	形状	吸音率	挿入損失											
			周波数											
			125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1260	1600
端	一の字	0	-0.6	0.2	-0.2	0.5	-0.1	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.1	
	L字		-3.1	1.1	0.2	1.9	0.5	0.7	0.7	0.0	-1.0	-1.1	-0.8	
	L字_開口		-0.7	0.7	-0.7	0.7	-0.2	0.4	0.0	0.1	0.1	0.0	-0.1	
	一の字	0.2	0.8	0.7	0.3	0.9	0.4	0.6	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	
	L字		3.0	2.2	2.0	2.7	2.0	2.3	2.1	2.0	2.1	2.0	1.9	
	L字_開口		1.3	1.5	1.3	2.0	0.9	1.5	1.3	1.2	1.3	1.3	1.3	
	一の字	0.8	2.7	2.0	1.6	1.8	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	
	L字		8.3	5.7	5.0	4.4	5.0	4.8	4.9	4.7	4.7	4.7	4.7	
	L字_開口		5.9	4.5	3.8	3.7	3.7	3.9	3.8	3.6	3.6	3.6	3.6	

赤色：挿入損失<0，水色：0<挿入損失<5.0，青：5.0<挿入損失<10.0，深青：10.0<挿入損失

# 付録 B

受信点高さ 1.2m の数値解析における角度平均の挿入損失を示す。

配置	形状	吸音率	入射角度	挿入損失												
				周波数												
				125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1260	1600	2000
中央	二の字	0	0~10	0.1	0.0	1.1	0.1	0.3	0.3	-0.2	-0.3	-0.5	-0.4	-0.2	-0.2	0.0
			11~20	0.5	0.1	2.7	0.1	0.3	0.2	-0.3	0.1	0.3	0.2	0.1	0.0	-0.1
			21~30	1.0	0.6	1.8	-0.4	0.2	-0.5	0.6	0.1	0.0	0.3	0.2	0.3	0.3
			31~40	1.2	1.7	1.9	-0.5	-0.1	0.5	0.2	-0.7	-0.5	-0.5	-0.4	-0.5	-0.3
			41~50	0.6	1.8	0.2	1.0	-2.7	0.7	-0.8	0.6	0.5	0.5	0.4	0.4	0.1
			51~60	-6.5	-1.5	-0.5	1.2	0.4	-1.2	0.9	-0.3	0.5	0.5	0.4	0.3	0.2
			61~70	-2.4	-9.9	-4.3	0.8	0.7	0.4	-0.8	0.1	-0.1	-0.2	-0.3	-0.3	-0.2
			71~80	-0.9	-2.6	-0.7	-2.8	-2.5	0.1	0.2	-0.1	-0.2	-0.2	0.1	0.1	0.2
	81~90	-1.6	-2.0	0.2	-0.2	-0.4	-0.2	-0.3	0.2	0.3	0.2	-0.1	-0.1	0.0		
	L字	0	0~10	0.1	0.1	0.8	0.0	0.3	0.4	0.1	-0.2	-0.3	-0.2	-0.1	-0.1	0.0
			11~20	0.5	0.6	3.3	0.2	0.6	0.3	-0.3	0.3	0.3	0.2	0.1	0.0	0.0
			21~30	1.5	1.5	3.3	-0.3	0.2	-0.4	0.6	0.3	0.1	0.3	0.3	0.4	0.3
			31~40	3.1	2.3	0.7	-1.8	0.8	0.7	0.7	-0.4	-0.1	-0.3	-0.3	-0.3	-0.2
			41~50	2.4	1.6	-0.5	0.7	-1.5	0.4	-0.7	0.4	0.3	0.3	0.2	0.2	0.1
			51~60	-7.0	-2.8	-0.2	2.2	-0.4	0.3	0.5	0.0	0.5	0.4	0.3	0.3	0.3
			61~70	-2.4	-7.4	-4.2	1.2	-0.3	0.7	0.0	0.0	-0.1	-0.1	-0.2	-0.2	-0.2
			71~80	-1.0	-1.1	-0.4	-1.4	-1.6	-0.6	-0.2	-0.2	-0.2	-0.3	-0.1	-0.1	0.0
	81~90	-1.3	-1.7	0.2	-0.7	-0.3	-0.9	-0.6	0.1	-0.2	-0.1	-0.2	-0.1	-0.1		
	コの字	0	0~10	0.1	0.2	1.4	-0.2	0.4	0.4	0.0	-0.3	-0.6	-0.4	-0.3	-0.3	-0.1
			11~20	0.3	0.9	3.4	-0.7	0.6	0.4	-0.6	0.1	0.4	0.3	0.1	0.0	-0.1
			21~30	-0.3	2.2	1.8	-1.3	0.5	-0.6	0.9	0.3	0.1	0.4	0.3	0.5	0.4
			31~40	-1.1	3.3	1.8	-0.7	0.1	0.9	0.8	-0.8	-0.4	-0.5	-0.5	-0.5	-0.3
			41~50	-0.8	2.2	0.7	1.6	-3.0	1.0	-1.3	0.8	0.7	0.7	0.4	0.5	0.1
			51~60	-11.4	-1.3	0.3	2.5	0.4	-1.4	1.0	-0.4	0.8	0.7	0.5	0.4	0.3
			61~70	-6.4	-8.9	-6.5	2.4	0.6	0.9	-1.5	0.1	0.0	-0.2	-0.4	-0.3	-0.3
			71~80	-1.6	-0.1	-2.9	-3.9	-4.2	0.2	0.2	-0.3	-0.1	-0.2	-0.1	0.0	0.2
	81~90	-2.6	-0.5	-0.3	1.2	-0.5	-0.7	-1.0	-0.4	-0.4	0.1	-0.7	-0.1	0.0		
	口の字	0	0~10	0.1	0.4	1.8	0.0	0.5	0.4	-0.1	-0.4	-0.7	-0.6	-0.4	-0.4	-0.1
			11~20	-1.2	1.3	1.0	-0.9	0.4	0.4	-0.8	-0.3	0.1	-0.3	-0.1	-0.1	-0.2
			21~30	-4.6	3.0	-0.7	-1.9	-0.1	-0.8	0.8	0.2	0.0	0.3	0.1	0.4	0.3
			31~40	-6.8	4.7	2.5	-2.4	-0.8	0.8	0.7	-1.6	-0.7	-1.0	-0.9	-0.8	-0.5
			41~50	-6.4	2.3	0.5	4.0	-5.1	1.6	-2.4	0.2	0.7	0.1	0.1	0.3	0.0
			51~60	-16.5	1.2	-0.3	4.2	0.0	-2.9	1.4	-0.9	0.2	0.2	0.3	0.3	0.4
			61~70	-10.2	-10.0	-6.5	3.8	1.3	2.3	-3.2	-0.1	-0.8	-1.3	-1.0	-0.7	-0.5
			71~80	2.7	3.7	-3.7	-4.3	-5.2	2.8	2.3	0.4	0.3	-1.5	-0.3	-0.1	0.3
	81~90	-0.8	4.9	3.0	7.7	3.0	4.9	0.7	1.4	1.9	0.8	1.4	2.3	3.5		
	口の字_開口	0	0~10	0.1	0.3	1.6	-0.2	0.5	0.4	-0.1	-0.4	-0.7	-0.6	-0.4	-0.3	-0.1
			11~20	0.5	1.0	2.8	-1.3	0.6	0.4	-0.8	0.1	0.6	0.3	0.0	0.0	-0.1
			21~30	0.7	2.5	1.2	-2.1	0.6	-0.8	1.1	0.3	0.1	0.5	0.2	0.4	0.4
			31~40	0.7	4.4	2.4	-2.0	-0.1	1.0	0.7	-1.2	-0.6	-0.7	-0.6	-0.7	-0.4
			41~50	0.9	2.7	1.1	2.9	-3.9	1.3	-1.9	1.0	1.0	0.8	0.4	0.5	0.1
			51~60	-9.9	-1.1	0.1	3.6	0.4	-2.6	1.2	-0.5	0.7	0.9	0.5	0.4	0.3
			61~70	-5.0	-9.3	-6.4	3.1	1.3	1.7	-2.9	0.2	-0.2	-0.3	-0.5	-0.6	-0.3
			71~80	-1.4	2.4	-4.4	-5.3	-5.4	1.0	0.7	0.1	0.4	-0.4	0.2	0.1	0.2
	81~90	-2.1	1.6	-0.9	0.9	-1.0	0.4	-1.0	-0.3	-0.1	-0.2	-1.2	0.1	-0.3		
	口の字(大)	0	0~10	0.2	-0.2	-1.1	-0.6	0.0	0.1	0.1	-0.1	-0.1	-0.1	-0.1	-0.1	-0.1
			11~20	-0.3	-0.2	-2.4	-0.3	-0.3	-0.7	-0.8	-0.1	-0.2	-0.3	-0.1	-0.1	-0.1
			21~30	-0.5	0.4	-1.0	-0.3	0.1	-0.7	-0.5	-0.6	-0.6	-0.5	-0.4	-0.3	-0.2
31~40			-1.8	0.8	0.7	-4.4	0.5	0.0	0.5	0.0	0.5	0.2	0.1	0.3	0.2	
41~50			-5.0	-1.3	1.1	0.3	-3.8	1.0	-1.9	0.3	-0.1	-0.3	-0.1	0.0	-0.2	
51~60			-12.0	-4.8	0.6	0.3	0.2	-3.2	0.8	-2.0	-0.8	-1.0	-0.5	-0.8	-0.4	
61~70			-6.1	-13.1	-4.3	-2.2	1.9	1.4	-2.3	0.7	0.4	0.3	0.4	0.6	0.7	
71~80			5.3	0.1	-0.4	-10.1	-3.3	1.7	2.1	0.3	-0.9	-1.5	-0.3	-0.3	-0.4	
81~90	3.9	2.3	7.4	1.7	6.0	4.3	1.4	0.8	0.8	0.9	1.4	2.4	1.9			

配置	形状	吸音率	入射角度	挿入損失												
				周波数												
				125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1260	1600	2000
中央	二の字	0.2	0~10	0.3	0.5	0.8	0.2	0.0	0.3	-0.2	-0.3	-0.4	-0.3	-0.2	-0.1	0.0
			11~20	0.7	0.6	2.5	0.2	0.3	0.4	-0.2	0.3	0.4	0.2	0.1	0.1	0.0
			21~30	1.4	1.1	2.2	0.1	0.4	-0.2	0.8	0.4	0.3	0.5	0.5	0.6	0.6
			31~40	2.0	2.1	2.3	0.3	0.3	1.0	0.6	-0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1
			41~50	1.3	2.5	0.7	1.4	-1.9	1.2	-0.2	1.1	1.0	0.9	0.8	0.8	0.6
			51~60	-5.4	-0.2	0.0	1.6	1.2	-0.4	1.3	0.4	1.1	1.0	0.9	0.9	0.8
			61~70	-0.1	-7.9	-3.6	1.5	1.2	1.0	0.1	0.8	0.6	0.5	0.4	0.4	0.5
			71~80	1.4	-1.0	-0.1	-0.4	-1.7	0.9	0.9	0.5	0.6	0.5	0.8	0.9	0.9
	81~90	0.7	-0.6	0.6	1.4	0.3	0.7	0.6	0.8	1.0	0.9	0.8	0.7	0.8		
	L字	0.2	0~10	0.1	0.1	0.8	0.0	0.3	0.4	0.1	-0.2	-0.3	-0.2	-0.1	-0.1	0.0
			11~20	0.5	0.6	3.3	0.2	0.6	0.3	-0.3	0.3	0.3	0.2	0.1	0.0	0.0
			21~30	1.5	1.5	3.3	-0.3	0.2	-0.4	0.6	0.3	0.1	0.3	0.3	0.4	0.3
			31~40	3.1	2.3	0.7	-1.8	0.8	0.7	0.7	-0.4	-0.1	-0.3	-0.3	-0.3	-0.2
			41~50	2.4	1.6	-0.5	0.7	-1.5	0.4	-0.7	0.4	0.3	0.3	0.2	0.2	0.1
			51~60	-7.0	-2.8	-0.2	2.2	-0.4	0.3	0.5	0.0	0.5	0.4	0.3	0.3	0.3
			61~70	-2.4	-7.4	-4.2	1.2	-0.3	0.7	0.0	0.0	-0.1	-0.1	-0.2	-0.2	-0.2
			71~80	-1.0	-1.1	-0.4	-1.4	-1.6	-0.6	-0.2	-0.2	-0.2	-0.3	-0.1	-0.1	0.0
	81~90	-1.3	-1.7	0.2	-0.7	-0.3	-0.9	-0.6	0.1	-0.2	-0.1	-0.2	-0.1	-0.1		
	コの字	0.2	0~10	0.3	0.9	0.3	0.3	0.0	0.5	-0.2	-0.5	-0.6	-0.5	-0.2	-0.2	0.0
			11~20	0.8	1.5	2.6	0.3	0.5	0.6	-0.3	0.5	0.5	0.4	0.2	0.1	0.0
			21~30	1.8	2.5	2.7	-0.2	0.8	-0.2	1.2	0.7	0.5	0.8	0.8	0.9	0.9
			31~40	3.2	3.8	2.8	0.0	0.8	1.8	1.4	0.0	0.3	0.2	0.2	0.2	0.4
			41~50	2.8	3.5	1.4	3.0	-1.7	2.1	0.0	1.9	1.7	1.6	1.3	1.3	1.1
			51~60	-6.8	0.1	1.2	3.9	1.6	0.3	2.2	0.9	2.1	2.0	1.8	1.7	1.6
			61~70	-0.4	-6.7	-4.6	4.0	1.7	2.4	0.5	1.6	1.4	1.3	1.1	1.1	1.2
			71~80	2.8	2.0	-1.0	-1.5	-1.9	1.5	1.8	1.5	1.5	1.5	1.8	1.7	1.9
	81~90	2.0	1.3	1.4	2.8	1.5	1.1	1.1	1.9	1.8	1.9	1.8	1.8	1.9		
	口の字	0.2	0~10	0.4	1.3	-0.2	0.2	-0.1	0.5	-0.2	-0.6	-0.8	-0.6	-0.3	-0.3	0.0
			11~20	0.8	2.3	1.6	-0.1	0.6	0.8	-0.4	0.6	0.8	0.5	0.2	0.1	0.0
			21~30	1.6	3.7	1.6	-0.6	1.2	-0.1	1.7	1.0	0.7	1.1	1.0	1.2	1.2
			31~40	2.9	6.1	4.6	-0.5	1.0	2.4	2.0	0.0	0.4	0.3	0.3	0.3	0.6
			41~50	2.9	5.3	3.3	6.8	-2.4	3.9	0.1	3.0	3.0	2.6	2.1	2.0	1.6
			51~60	-7.9	3.7	3.1	6.9	3.2	-0.2	3.9	1.8	3.7	3.7	3.2	3.0	2.9
			61~70	0.2	-7.2	-3.1	6.7	4.9	5.3	0.5	3.6	3.2	2.9	2.4	2.5	2.6
			71~80	13.8	6.5	0.3	-1.6	-1.1	5.8	6.9	5.4	5.3	4.9	5.6	5.2	5.5
	81~90	9.0	7.6	7.1	10.3	7.4	7.9	5.9	6.7	7.8	8.8	9.0	8.8	9.6		
	口の字_開口	0.2	0~10	0.4	1.1	0.2	0.2	0.0	0.5	-0.2	-0.5	-0.7	-0.6	-0.3	-0.3	0.0
			11~20	0.9	1.8	2.7	0.0	0.6	0.7	-0.4	0.6	0.7	0.5	0.2	0.1	0.0
			21~30	2.1	3.0	2.7	-0.6	1.0	-0.1	1.6	0.8	0.6	1.0	0.9	1.1	1.1
			31~40	3.8	5.1	4.0	-0.5	0.9	2.5	1.7	-0.1	0.4	0.3	0.3	0.3	0.5
			41~50	3.5	4.7	2.4	5.2	-2.1	3.1	0.1	2.7	2.5	2.3	1.9	1.9	1.5
			51~60	-7.1	0.9	2.1	6.1	2.6	-0.2	3.3	1.5	3.0	3.1	2.7	2.5	2.4
			61~70	-1.0	-7.1	-3.8	6.3	3.3	4.2	0.4	2.8	2.5	2.2	1.9	1.8	2.1
			71~80	2.8	4.3	0.0	-1.5	-2.2	4.0	4.6	3.3	3.6	3.3	3.8	3.7	3.9
	81~90	2.2	3.5	4.7	6.2	2.8	4.2	3.5	3.7	4.3	4.7	4.5	4.6	4.9		
	口の字(大)	0.2	0~10	0.1	-0.4	-0.9	-0.8	0.0	0.1	0.1	-0.1	-0.1	0.0	0.0	0.0	0.0
			11~20	0.2	-0.3	-2.4	-0.2	-0.3	-0.6	-0.6	-0.1	0.0	-0.1	0.0	-0.1	-0.1
			21~30	-0.1	0.5	-1.0	1.3	0.2	-0.5	-0.3	-0.5	-0.4	-0.3	-0.3	-0.2	-0.2
31~40			-0.5	1.0	0.9	-2.2	0.8	0.3	0.9	0.6	0.7	0.5	0.4	0.4	0.3	
41~50			-1.5	1.4	1.6	2.5	-3.0	1.4	-1.1	1.0	0.6	0.6	0.6	0.7	0.5	
51~60			-8.6	-0.3	2.1	2.9	1.7	-2.3	2.0	-1.0	0.3	0.2	0.4	0.0	0.5	
61~70			-1.0	-7.5	-2.6	2.1	3.8	3.2	0.1	3.0	2.4	2.3	2.3	2.2	2.2	
71~80			11.1	6.6	1.5	-3.8	-1.1	4.1	5.2	4.4	2.8	2.8	2.9	2.6	2.6	
81~90	9.3	8.7	8.9	8.9	8.3	7.0	4.4	5.6	6.2	6.5	6.7	6.4	7.3			

配置	形状	吸音率	入射角度	挿入損失												
				周波数												
				125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1260	1600	2000
中央	二の字	0.8	0~10	1.3	1.5	-2.1	0.6	-1.3	0.1	-0.7	-0.6	-0.5	-0.5	-0.2	-0.1	0.0
			11~20	1.5	1.6	0.0	0.4	0.1	0.4	0.0	0.4	0.3	0.2	0.1	0.0	0.0
			21~30	1.9	1.6	2.0	0.1	1.0	0.2	0.8	0.7	0.7	0.8	0.9	1.0	1.0
			31~40	2.6	2.0	2.7	1.3	1.2	1.9	1.5	0.9	1.1	1.0	0.9	0.9	1.0
			41~50	2.1	2.7	2.2	2.6	0.1	2.4	1.4	2.1	2.0	1.9	1.7	1.7	1.6
			51~60	-3.9	1.9	1.9	2.6	2.7	1.9	2.5	2.2	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4
			61~70	2.0	-3.3	-0.5	2.8	2.7	2.6	2.1	2.6	2.5	2.5	2.4	2.4	2.5
			71~80	3.5	2.2	1.7	2.4	1.2	2.7	2.5	2.5	2.5	2.5	2.6	2.6	2.6
	81~90	3.2	2.0	2.1	3.2	2.2	2.7	2.5	2.6	2.6	2.6	2.6	2.6	2.6		
	L字	0.8	0~10	1.1	1.2	-2.0	0.8	-1.4	0.0	-0.8	-0.6	-0.5	-0.4	-0.2	-0.1	0.0
			11~20	1.3	1.3	-0.2	0.4	0.1	0.4	0.0	0.3	0.3	0.2	0.1	0.0	0.0
			21~30	1.7	1.5	2.0	-0.3	1.1	0.2	0.8	0.7	0.6	0.8	0.9	1.0	1.0
			31~40	2.5	1.9	2.3	0.3	1.5	1.8	1.6	0.9	1.1	1.0	0.9	0.9	1.0
			41~50	2.4	2.2	1.7	2.9	0.5	2.3	1.4	2.1	1.9	1.8	1.7	1.7	1.6
			51~60	-4.3	0.4	1.9	3.6	1.8	2.5	2.4	2.1	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4
			61~70	0.3	-2.9	1.0	3.0	2.0	2.8	2.6	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4
			71~80	1.5	1.6	2.9	1.6	2.0	2.0	2.4	2.5	2.5	2.4	2.5	2.5	2.5
	81~90	1.2	1.1	3.8	1.8	2.8	2.0	2.3	2.6	2.5	2.5	2.4	2.5	2.4		
	コの字	0.8	0~10	1.6	1.6	-3.5	1.0	-2.0	0.0	-1.1	-0.9	-0.7	-0.7	-0.3	-0.2	-0.1
			11~20	1.9	2.1	-0.8	0.5	0.1	0.7	0.0	0.5	0.5	0.3	0.1	0.0	-0.1
			21~30	2.6	2.5	2.9	-0.1	1.7	0.4	1.2	1.0	1.0	1.3	1.4	1.6	1.6
			31~40	3.9	3.3	4.5	1.2	2.2	3.1	2.6	1.5	1.8	1.5	1.5	1.4	1.6
			41~50	3.5	4.3	3.6	5.1	0.5	4.3	2.3	3.7	3.4	3.2	3.0	2.9	2.7
			51~60	-4.7	2.5	3.7	6.1	4.1	3.9	4.5	4.0	4.6	4.6	4.5	4.5	4.5
			61~70	2.5	-3.4	0.4	5.9	4.4	5.2	4.3	4.8	4.7	4.7	4.7	4.7	4.7
			71~80	5.3	4.4	3.6	3.5	2.9	4.7	5.0	5.1	5.0	4.9	5.2	5.2	5.2
	81~90	4.7	3.8	5.6	5.0	5.3	4.7	4.9	5.2	5.1	5.2	5.1	5.2	5.2		
	口の字	0.8	0~10	1.9	1.4	-4.8	1.1	-2.6	-0.1	-1.4	-1.1	-0.9	-0.9	-0.4	-0.3	-0.1
			11~20	2.3	2.8	-1.5	0.7	0.1	0.9	0.0	0.7	0.7	0.4	0.2	0.0	-0.1
			21~30	3.5	3.8	3.6	0.0	2.3	0.5	1.7	1.4	1.4	1.8	2.0	2.4	2.3
			31~40	5.9	4.9	7.8	1.6	3.2	4.7	3.9	2.1	2.5	2.2	2.1	2.0	2.2
			41~50	5.3	7.4	7.0	10.6	0.6	8.5	3.4	6.4	5.9	5.3	4.8	4.7	4.2
			51~60	-5.1	5.1	7.3	13.8	7.9	6.0	9.0	7.3	9.4	9.2	9.1	9.0	9.0
			61~70	4.5	-4.0	0.8	14.8	10.4	12.4	7.3	11.6	10.7	10.3	10.0	10.6	10.7
			71~80	18.6	10.9	5.1	6.9	4.6	13.2	14.3	13.9	12.9	13.3	15.5	16.2	16.2
	81~90	13.2	11.2	11.8	18.6	13.2	15.3	13.4	14.6	15.4	17.4	18.4	18.8	19.5		
	口の字_開口	0.8	0~10	1.9	1.7	-4.3	1.1	-2.4	-0.1	-1.3	-1.0	-0.8	-0.8	-0.4	-0.3	-0.1
			11~20	2.3	2.7	-1.0	0.7	0.1	0.9	0.0	0.7	0.7	0.4	0.2	0.0	-0.1
			21~30	3.3	3.4	3.8	0.0	2.2	0.5	1.6	1.3	1.3	1.6	1.8	2.1	2.1
			31~40	5.2	4.4	6.8	1.6	2.9	4.4	3.5	1.9	2.3	2.0	1.9	1.8	2.0
			41~50	4.4	6.3	5.7	8.6	0.7	6.8	3.2	5.5	5.0	4.6	4.2	4.1	3.7
			51~60	-5.1	3.7	5.9	10.7	6.7	5.2	7.1	6.1	7.3	7.3	7.2	7.1	7.1
			61~70	3.8	-3.9	0.5	11.5	7.6	9.0	6.2	8.3	7.9	7.8	7.6	7.9	7.9
			71~80	8.8	7.6	4.9	6.0	3.8	8.8	9.5	9.0	8.9	9.0	9.6	9.8	9.7
	81~90	7.5	6.8	9.6	11.1	8.8	9.4	9.3	9.3	9.7	9.9	9.9	10.0	10.1		
	口の字(大)	0.8	0~10	-0.2	-1.6	-0.4	-1.6	0.2	0.2	0.1	-0.2	-0.1	0.0	0.0	0.0	0.0
			11~20	0.1	-0.5	-2.3	-0.3	-0.5	-0.7	-0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.1	-0.1
			21~30	0.3	0.7	-1.6	1.5	0.4	-0.4	-0.4	-0.5	-0.4	-0.3	-0.3	-0.2	-0.2
31~40			0.4	1.2	1.3	-1.7	1.3	0.6	1.5	1.1	0.9	0.8	0.6	0.6	0.6	
41~50			0.1	1.8	2.7	3.4	-1.7	2.0	0.2	2.1	1.9	2.1	2.2	2.3	2.3	
51~60			-6.8	0.9	3.5	5.5	5.3	-0.4	4.8	0.9	2.4	2.1	2.1	1.8	2.2	
61~70			2.2	-4.8	-0.9	5.5	8.7	6.9	4.0	6.6	6.0	5.5	5.5	5.3	5.1	
71~80			15.0	10.3	3.8	-0.8	3.9	8.7	10.8	10.1	9.1	9.2	9.5	9.6	9.6	
81~90	13.3	12.5	11.1	11.6	13.1	11.7	9.7	11.9	12.8	13.4	13.9	14.4	15.8			

配置	形状	吸音率	入射角度	挿入損失												
				周波数												
				125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1260	1600	2000
壁際	一の字	0	0~10	0.1	0.0	1.0	0.0	0.2	0.1	0.0	-0.2	-0.2	-0.2	-0.1	-0.1	0.0
			11~20	0.4	0.1	1.7	0.0	0.2	0.1	-0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.0	0.0
			21~30	0.6	0.2	0.7	-0.3	0.1	-0.1	0.3	0.0	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
			31~40	0.4	1.3	1.4	-0.5	0.0	0.1	-0.4	-0.3	-0.2	-0.2	-0.2	-0.1	0.0
			41~50	-0.2	2.1	0.0	0.5	-1.4	0.4	-0.5	0.3	0.3	0.2	0.2	0.2	0.0
			51~60	-5.7	-0.6	-0.7	0.5	0.2	-0.6	0.4	-0.2	0.2	0.2	0.2	0.1	0.1
			61~70	-2.0	-6.8	-3.1	0.7	0.3	0.2	-0.6	0.0	-0.1	-0.1	-0.2	-0.2	0.0
			71~80	-0.5	-0.6	-0.3	-2.4	-1.9	0.1	0.1	-0.2	-0.2	-0.1	0.1	0.0	0.1
	81~90	-1.1	-0.5	-0.1	-0.6	-0.3	0.1	0.0	0.1	0.2	0.2	0.0	0.0	0.1		
	二の字	0	0~10	0.1	0.2	1.0	-0.1	0.3	0.3	-0.1	-0.3	-0.4	-0.3	-0.2	-0.2	0.0
			11~20	0.1	0.8	3.1	-1.3	0.3	0.3	-0.4	0.0	0.2	0.1	0.0	0.0	-0.1
			21~30	-1.3	2.5	0.6	-1.0	0.3	-0.6	0.7	0.2	0.1	0.3	0.2	0.3	0.3
			31~40	-3.4	2.3	1.3	0.1	-0.3	0.5	0.4	-0.7	-0.5	-0.4	-0.4	-0.4	-0.3
			41~50	-3.1	1.0	1.0	1.2	-3.1	0.8	-1.3	0.6	0.5	0.5	0.3	0.3	0.1
			51~60	-11.4	0.1	0.6	1.5	0.6	-1.9	0.9	-0.5	0.6	0.5	0.4	0.3	0.2
			61~70	-5.6	-6.8	-6.2	1.5	0.8	0.7	-1.6	0.2	0.0	-0.2	-0.3	-0.3	-0.2
			71~80	-0.7	1.0	-3.2	-3.5	-3.8	0.6	0.4	-0.1	0.0	-0.1	0.1	0.1	0.2
	81~90	-1.5	0.6	-1.0	1.7	-0.5	-0.2	-0.7	-0.3	-0.4	0.1	-0.2	-0.1	0.1		
	L字	0	0~10	0.1	0.2	1.3	-0.1	0.4	0.3	0.1	-0.3	-0.3	-0.3	-0.2	-0.2	0.0
			11~20	0.2	0.8	3.5	0.0	0.5	0.3	-0.3	0.2	0.3	0.2	0.1	0.0	0.0
			21~30	0.9	1.9	1.4	-0.9	0.4	-0.4	0.6	0.2	0.1	0.3	0.2	0.3	0.3
			31~40	1.0	3.1	1.2	-0.7	0.2	0.4	0.6	-0.6	-0.3	-0.3	-0.3	-0.3	-0.2
			41~50	-2.6	2.2	0.5	0.9	-2.0	0.8	-1.1	0.6	0.5	0.4	0.2	0.3	0.1
			51~60	-10.1	-1.2	0.2	1.5	0.1	-0.8	0.8	-0.2	0.6	0.5	0.4	0.3	0.3
			61~70	-5.6	-7.0	-5.8	2.2	0.3	0.8	-1.0	0.0	0.1	-0.1	-0.3	-0.2	-0.2
			71~80	-1.1	1.2	-2.3	-2.4	-3.5	0.1	0.1	-0.3	-0.2	-0.2	0.0	-0.1	0.1
	81~90	-1.7	0.6	-1.0	1.3	-0.6	-0.4	-0.7	-0.2	-0.3	0.1	-0.3	-0.1	0.1		
	コの字	0	0~10	-0.2	0.4	1.7	0.0	0.5	0.4	0.0	-0.5	-0.3	-0.2	-0.6	-0.3	-0.1
			11~20	-2.1	1.3	2.3	-0.7	0.5	0.5	-0.6	-0.2	-0.4	-0.6	-0.2	-0.1	-0.2
			21~30	-4.8	3.4	-0.8	-1.3	0.2	-0.6	0.7	0.2	-0.1	0.1	0.0	0.3	0.2
			31~40	-6.9	4.9	1.6	-1.5	-0.8	0.3	0.6	-1.4	-0.8	-0.9	-0.9	-0.6	-0.4
			41~50	-9.2	2.6	0.7	2.9	-4.5	1.4	-2.1	0.3	0.4	0.0	-0.1	0.2	-0.1
			51~60	-17.4	0.8	-0.6	2.9	0.1	-2.7	1.3	-0.8	0.0	0.0	-0.1	0.3	0.3
			61~70	-11.7	-8.6	-7.0	2.9	1.4	2.2	-3.1	-0.4	-0.9	-1.2	-1.4	-0.6	-0.5
			71~80	0.4	5.3	-4.1	-3.7	-5.2	2.5	2.6	-0.1	-1.3	-2.3	-1.7	-0.4	0.0
	81~90	-1.8	6.8	2.7	8.7	3.3	4.9	1.6	1.2	-0.1	-0.3	-0.9	2.2	2.9		
	コの字_開口	0	0~10	0.1	0.2	1.5	-0.2	0.5	0.3	-0.1	-0.3	-0.5	-0.5	-0.2	-0.3	-0.1
			11~20	0.5	1.0	3.3	-1.3	0.5	0.4	-0.5	0.0	0.4	0.2	0.0	0.0	-0.1
			21~30	0.2	2.8	0.8	-1.5	0.5	-0.6	1.0	0.3	0.1	0.3	0.1	0.3	0.3
			31~40	-1.0	4.0	2.1	-1.1	-0.4	0.7	0.4	-1.0	-0.6	-0.6	-0.5	-0.5	-0.3
			41~50	-1.0	2.2	1.3	2.0	-3.7	1.0	-1.7	0.8	0.8	0.5	0.3	0.4	0.0
			51~60	-10.1	-0.3	0.2	2.5	0.6	-2.5	1.2	-0.4	0.6	0.7	0.4	0.4	0.3
			61~70	-4.8	-7.7	-6.5	2.4	1.2	1.6	-2.8	0.1	-0.2	-0.3	-0.5	-0.5	-0.3
			71~80	-0.8	3.4	-4.9	-4.6	-5.3	1.1	1.0	0.3	0.1	-0.4	0.2	-0.1	0.2
	81~90	-1.8	3.2	-1.6	1.5	-1.1	0.6	-0.6	-0.1	0.0	-0.1	-0.5	0.2	0.1		

配置	形状	吸音率	入射角度	挿入損失												
				周波数												
				125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1260	1600	2000
壁際	一の字	0.2	0~10	0.2	0.3	0.8	0.1	0.1	0.1	0.0	-0.2	-0.2	-0.2	-0.1	-0.1	0.0
			11~20	0.5	0.2	1.6	0.1	0.1	0.2	-0.1	0.1	0.2	0.1	0.1	0.0	0.0
			21~30	0.6	0.3	0.7	-0.1	0.2	0.0	0.3	0.1	0.2	0.2	0.2	0.3	0.3
			31~40	0.6	1.4	1.5	0.0	0.1	0.2	0.2	-0.2	-0.1	0.0	0.0	0.0	0.1
			41~50	0.5	2.2	0.3	0.8	-0.9	0.6	-0.1	0.6	0.5	0.4	0.4	0.4	0.3
			51~60	-4.9	-0.1	-0.3	0.6	0.6	-0.3	0.7	0.1	0.5	0.5	0.5	0.4	0.4
			61~70	-1.0	-6.0	-2.7	1.1	0.6	0.5	-0.2	0.4	0.3	0.3	0.2	0.2	0.3
			71~80	0.6	-0.1	0.0	-0.9	-1.5	0.5	0.5	0.3	0.3	0.3	0.5	0.4	0.5
	81~90	0.0	-0.2	0.1	0.9	0.0	0.5	0.4	0.5	0.6	0.6	0.4	0.4	0.5		
	二の字	0.2	0~10	0.2	0.6	0.5	0.1	0.0	0.4	-0.1	-0.3	-0.4	-0.3	-0.2	-0.2	0.0
			11~20	0.6	1.2	2.6	-0.1	0.4	0.4	-0.2	0.3	0.3	0.2	0.1	0.0	0.0
			21~30	1.3	2.7	1.5	-0.1	0.4	-0.2	0.9	0.5	0.4	0.5	0.5	0.6	0.6
			31~40	1.7	2.9	1.8	0.5	0.3	1.3	0.9	-0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.2
			41~50	0.5	1.8	1.4	2.2	-2.1	1.5	-0.5	1.3	1.1	1.1	0.8	0.9	0.7
			51~60	-6.8	0.9	1.2	2.5	1.4	-0.7	1.6	0.5	1.5	1.4	1.2	1.2	1.1
			61~70	-0.3	-5.1	-5.1	2.5	1.4	1.8	-0.2	1.2	1.0	0.9	0.7	0.7	0.8
			71~80	2.4	2.4	-1.9	-2.0	-2.3	1.5	1.5	1.2	1.1	1.1	1.4	1.3	1.4
	81~90	1.8	2.0	0.2	2.7	0.9	1.0	0.7	1.3	1.3	1.4	1.4	1.4	1.5		
	L字	0.2	0~10	0.2	0.6	0.6	0.2	0.1	0.3	-0.1	-0.4	-0.4	-0.3	-0.2	-0.1	0.0
			11~20	0.7	1.0	2.9	0.2	0.4	0.4	-0.2	0.3	0.3	0.2	0.1	0.1	0.0
			21~30	1.6	1.9	1.8	-0.3	0.6	-0.1	0.8	0.4	0.4	0.5	0.5	0.6	0.6
			31~40	2.7	3.2	1.8	-0.2	0.6	1.1	1.0	-0.1	0.2	0.2	0.2	0.2	0.3
			41~50	1.2	2.8	1.0	1.7	-1.1	1.4	-0.3	1.3	1.1	1.0	0.8	0.9	0.7
			51~60	-7.3	-0.3	0.7	2.5	1.0	0.3	1.5	0.6	1.4	1.3	1.2	1.1	1.1
			61~70	-1.9	-5.7	-4.4	3.4	1.0	1.8	0.3	1.0	1.1	0.9	0.8	0.8	0.9
			71~80	2.0	2.3	-0.8	-0.8	-2.1	1.1	1.3	1.0	1.0	1.0	1.3	1.2	1.3
	81~90	1.4	1.5	0.3	2.4	0.7	0.8	0.7	1.4	1.3	1.4	1.3	1.3	1.4		
	コの字	0.2	0~10	0.3	1.0	0.4	0.2	0.1	0.5	-0.1	-0.5	-0.6	-0.5	-0.3	-0.2	0.0
			11~20	0.6	1.8	2.5	-0.1	0.5	0.7	-0.3	0.4	0.5	0.3	0.1	0.1	-0.1
			21~30	1.1	3.6	0.7	-0.4	0.9	-0.1	1.3	0.7	0.6	0.8	0.7	0.9	0.9
			31~40	1.6	6.0	3.2	-0.5	0.5	1.5	1.4	-0.2	0.2	0.3	0.3	0.3	0.5
			41~50	0.8	4.4	2.7	4.7	-2.4	2.9	-0.4	2.3	2.2	1.9	1.4	1.5	1.1
			51~60	-8.5	2.5	2.4	4.8	2.6	-0.7	3.1	1.2	2.8	2.7	2.3	2.2	2.2
			61~70	-1.6	-6.7	-4.0	5.0	4.1	4.4	-0.2	2.7	2.5	2.2	1.9	1.9	2.0
			71~80	11.2	7.2	-0.6	-1.8	-2.2	4.8	6.2	4.6	4.1	3.8	4.4	4.0	4.3
	81~90	8.0	8.6	6.2	10.6	6.7	7.4	5.5	6.3	7.4	8.2	8.3	7.9	8.7		
	コの字_開口	0.2	0~10	0.3	0.8	0.6	0.1	0.2	0.4	-0.1	-0.4	-0.5	-0.4	-0.3	-0.2	0.0
			11~20	0.8	1.4	3.1	-0.2	0.6	0.6	-0.3	0.4	0.5	0.3	0.2	0.1	0.0
			21~30	1.7	3.1	1.9	-0.4	0.7	-0.1	1.3	0.6	0.5	0.7	0.6	0.8	0.8
			31~40	2.4	4.7	3.0	-0.3	0.4	1.8	1.1	-0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.4
			41~50	2.0	3.4	2.1	3.6	-2.2	2.2	-0.3	2.0	1.8	1.6	1.3	1.3	1.0
			51~60	-7.5	0.9	1.5	4.4	2.2	-0.8	2.6	1.1	2.2	2.2	1.9	1.8	1.8
			61~70	-1.4	-6.1	-4.5	4.8	2.6	3.5	-0.2	2.0	1.9	1.7	1.4	1.3	1.5
			71~80	2.4	4.7	-1.2	-1.8	-2.9	3.3	4.0	2.7	2.8	2.5	3.0	2.7	3.1
	81~90	1.6	4.6	3.6	5.9	1.9	3.8	2.9	3.0	3.7	3.9	3.8	3.9	4.2		

配置	形状	吸音率	入射角度	挿入損失												
				周波数												
				125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1260	1600	2000
壁際	一の字	0.8	0~10	0.5	0.8	-0.4	0.2	-0.4	0.0	-0.3	-0.4	-0.3	-0.3	-0.1	-0.1	0.0
			11~20	0.6	0.5	0.3	0.0	-0.2	0.3	0.0	0.2	0.2	0.1	0.0	0.0	0.0
			21~30	0.6	0.3	-0.2	0.1	0.5	0.2	0.3	0.3	0.4	0.4	0.4	0.5	0.5
			31~40	0.7	1.2	1.7	1.1	0.2	0.6	0.6	0.3	0.3	0.4	0.4	0.4	0.5
			41~50	1.7	2.0	1.4	1.1	0.1	1.4	0.7	1.1	1.1	0.9	0.9	0.9	0.8
			51~60	-2.6	1.3	0.7	0.8	1.8	0.4	1.3	1.1	1.2	1.2	1.3	1.2	1.3
			61~70	1.4	-3.1	-1.3	1.7	1.6	1.4	0.7	1.5	1.3	1.3	1.2	1.3	1.3
			71~80	3.0	1.5	0.4	1.3	0.0	1.8	1.5	1.4	1.4	1.5	1.6	1.6	1.5
			81~90	2.6	1.2	0.6	2.5	1.0	1.8	1.5	1.5	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6
	二の字	0.8	0~10	1.1	1.1	-2.4	0.5	-1.2	0.1	-0.6	-0.6	-0.5	-0.4	-0.2	-0.1	0.0
			11~20	1.4	1.5	0.2	0.4	0.4	0.4	-0.2	0.3	0.3	0.2	0.1	0.0	-0.1
			21~30	2.3	2.5	3.2	0.3	0.7	0.2	1.0	0.7	0.7	0.9	0.9	1.0	1.0
			31~40	4.1	2.9	2.5	0.5	1.8	2.4	1.8	1.1	1.3	1.2	1.1	1.1	1.2
			41~50	2.2	2.6	2.3	4.0	0.1	2.8	1.5	2.7	2.4	2.2	2.1	2.1	2.0
			51~60	-4.3	2.0	3.0	5.6	2.7	2.6	3.2	2.6	3.3	3.2	3.1	3.1	3.1
			61~70	2.5	-2.3	-0.6	4.3	3.2	4.1	3.2	3.6	3.6	3.5	3.4	3.5	3.5
			71~80	3.8	4.1	2.6	1.6	2.3	3.5	4.0	4.1	3.9	3.9	4.0	4.0	4.0
			81~90	3.4	4.0	5.0	3.7	4.5	3.6	3.8	4.2	4.0	4.1	4.0	4.1	4.1
	L字	0.8	0~10	0.9	1.2	-1.9	0.6	-1.1	0.0	-0.7	-0.7	-0.5	-0.5	-0.2	-0.1	0.0
			11~20	1.1	1.2	0.2	0.2	-0.1	0.5	-0.1	0.3	0.3	0.2	0.1	0.0	-0.1
			21~30	1.6	1.4	0.8	0.0	1.0	0.3	0.8	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0	1.0
			31~40	2.5	2.6	2.9	0.9	1.2	1.8	1.5	0.9	1.0	1.1	1.0	1.0	1.1
			41~50	3.3	3.3	2.6	3.3	0.3	3.0	1.5	2.6	2.4	2.2	2.0	2.0	1.8
			51~60	-4.4	1.9	2.3	3.8	3.1	2.0	3.2	2.5	3.1	3.0	3.1	3.0	3.0
			61~70	1.8	-3.4	-1.0	4.7	3.3	3.9	2.7	3.5	3.4	3.3	3.3	3.3	3.3
			71~80	4.9	3.7	2.4	2.4	1.4	3.8	3.9	3.9	3.8	3.8	4.0	4.0	4.0
			81~90	4.4	3.2	3.4	4.7	3.7	3.9	3.8	4.1	4.1	4.1	4.1	4.1	4.2
	コの字	0.8	0~10	1.3	1.3	-3.5	0.7	-1.7	0.0	-1.0	-1.0	-0.7	-0.7	-0.4	-0.2	0.0
			11~20	1.7	2.1	0.1	0.4	0.1	0.7	-0.2	0.5	0.5	0.3	0.1	0.0	-0.1
			21~30	2.9	2.9	1.9	0.1	1.4	0.4	1.3	1.1	1.1	1.3	1.4	1.6	1.6
			31~40	4.9	4.7	4.8	1.0	2.2	3.3	2.7	1.5	1.8	1.8	1.6	1.6	1.8
			41~50	4.7	5.7	5.1	7.8	0.2	5.9	2.5	5.0	4.4	4.0	3.6	3.6	3.3
			51~60	-4.8	4.3	5.4	10.0	6.2	3.5	6.7	4.9	6.7	6.5	6.5	6.3	6.4
			61~70	3.9	-3.9	-0.8	10.7	8.6	10.2	5.3	9.0	8.3	7.9	7.6	7.9	8.0
			71~80	17.6	10.7	4.1	4.0	2.9	11.6	12.9	12.2	11.4	11.4	12.8	12.9	13.1
			81~90	13.3	11.5	10.7	16.3	12.0	14.3	12.6	13.7	14.6	16.1	16.7	16.9	18.0
	コの字_開口	0.8	0~10	1.4	1.4	-2.9	0.6	-1.5	0.0	-0.8	-0.8	-0.7	-0.6	-0.3	-0.2	0.0
			11~20	1.7	1.9	0.4	0.4	0.2	0.6	-0.2	0.5	0.4	0.3	0.1	0.0	-0.1
			21~30	2.8	2.8	2.9	0.2	1.2	0.4	1.3	0.9	1.0	1.2	1.3	1.5	1.5
			31~40	4.8	4.2	4.5	1.0	2.0	3.4	2.4	1.5	1.7	1.6	1.5	1.5	1.6
			41~50	3.9	4.7	4.0	6.2	0.3	4.6	2.3	4.2	3.8	3.4	3.2	3.2	2.9
			51~60	-4.9	2.9	4.2	9.0	5.2	3.4	5.3	4.1	5.3	5.2	5.2	5.1	5.1
			61~70	3.6	-3.5	-0.9	9.2	5.9	7.8	4.7	6.4	6.2	6.0	5.8	6.0	6.0
			71~80	7.7	7.1	3.6	3.7	2.6	7.4	8.3	7.7	7.7	7.5	7.9	8.0	8.0
			81~90	6.4	6.7	8.8	8.9	7.9	8.3	8.1	8.2	8.6	8.6	8.5	8.5	8.7

配置	形状	吸音率	入射角度	挿入損失												
				周波数												
				125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1260	1600	2000
隅部	一の字	0	0~10	0.0	0.1	0.9	-0.1	0.2	0.2	0.1	-0.2	-0.2	-0.2	-0.1	-0.1	0.0
			11~20	0.0	0.5	2.3	-0.5	0.2	0.2	-0.2	0.0	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0
			21~30	-0.4	1.0	-0.1	-0.7	0.2	-0.2	0.3	0.0	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
			31~40	-4.3	2.2	0.7	-0.2	-0.1	0.0	0.2	-0.4	-0.3	-0.2	-0.2	-0.2	-0.1
			41~50	-4.9	1.4	0.5	0.7	-1.8	0.5	-0.8	0.4	0.3	0.2	0.1	0.2	0.0
			51~60	-8.8	-0.3	0.1	0.6	0.1	-1.2	0.5	-0.3	0.3	0.2	0.2	0.1	0.1
			61~70	-4.6	-5.5	-4.5	0.9	0.5	0.3	-1.1	0.0	0.0	-0.1	-0.2	-0.2	-0.1
			71~80	-0.2	1.4	-1.6	-2.2	-3.0	0.4	0.4	-0.2	-0.2	-0.1	-0.1	-0.1	0.1
	81~90	-0.7	1.1	-0.8	1.6	-0.5	0.3	-0.3	-0.1	-0.1	0.2	-0.4	0.0	0.2		
	L字	0	0~10	-0.3	0.4	1.5	0.1	0.5	0.3	0.1	-0.4	-0.2	-0.1	-0.3	-0.2	0.0
			11~20	-2.6	1.0	3.6	-0.7	0.3	0.4	-0.4	0.0	-0.8	-0.9	0.0	-0.1	-0.1
			21~30	-6.4	2.8	-1.6	-1.0	0.4	-0.5	0.4	0.1	-0.2	-0.1	0.0	0.2	0.2
			31~40	-10.0	6.3	1.0	-1.0	-0.5	-0.2	0.4	-1.0	-1.0	-1.0	-0.8	-0.4	-0.3
			41~50	-10.6	3.0	0.8	1.9	-3.5	1.1	-1.7	0.1	0.0	-0.2	-0.2	0.1	-0.1
			51~60	-16.1	-0.2	-0.4	1.7	-0.3	-2.3	1.2	-0.8	-0.5	-0.6	0.0	0.2	0.3
			61~70	-11.0	-7.8	-6.5	2.0	1.5	1.4	-2.9	-0.5	-1.0	-1.1	-1.1	-0.5	-0.4
			71~80	0.6	6.4	-3.5	-2.6	-4.9	1.8	2.6	-0.7	-3.5	-3.8	-1.5	-0.5	0.0
	81~90	-0.9	8.8	3.8	10.0	4.6	5.2	2.6	0.6	-2.4	-2.1	-1.0	2.2	3.1		
	L字_開口	0	0~10	0.1	0.2	1.3	-0.2	0.4	0.2	0.1	-0.3	-0.3	-0.3	-0.2	-0.2	0.0
			11~20	0.4	0.7	3.3	-1.1	0.5	0.3	-0.3	0.1	0.2	0.1	0.0	0.0	-0.1
			21~30	-0.1	1.8	0.7	-1.2	0.3	-0.4	0.6	0.1	0.1	0.2	0.1	0.2	0.2
			31~40	-4.8	4.8	1.3	-1.0	-0.2	0.1	0.2	-0.8	-0.5	-0.4	-0.4	-0.4	-0.2
			41~50	-5.1	2.7	0.8	1.4	-3.1	0.7	-1.3	0.6	0.5	0.3	0.1	0.2	-0.1
			51~60	-9.9	-1.1	-0.2	1.3	0.3	-2.1	1.1	-0.4	0.4	0.4	0.3	0.2	0.3
61~70			-5.3	-6.9	-6.1	1.5	1.0	1.1	-2.6	0.0	-0.2	-0.3	-0.4	-0.4	-0.2	
71~80			-0.2	4.1	-3.8	-4.1	-5.0	0.9	1.2	0.2	-0.2	-0.6	0.0	-0.2	0.1	
81~90	-1.3	3.8	-2.0	2.0	-1.0	1.0	0.1	0.1	0.3	0.1	-0.6	0.3	0.1			

配置	形状	吸音率	入射角度	挿入損失												
				周波数												
				125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1260	1600	2000
隅部	一の字	0.2	0~10	0.1	0.3	0.6	0.0	0.1	0.2	0.0	-0.2	-0.2	-0.2	-0.1	-0.1	0.0
			11~20	0.2	0.5	2.2	-0.3	0.1	0.2	-0.1	0.1	0.2	0.1	0.0	0.0	0.0
			21~30	0.5	1.0	0.1	-0.3	0.2	-0.1	0.4	0.2	0.2	0.2	0.2	0.3	0.3
			31~40	-1.9	2.3	1.0	0.1	0.1	0.3	0.4	-0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1
			41~50	-2.2	1.6	0.7	1.0	-1.2	0.8	-0.3	0.7	0.6	0.5	0.4	0.4	0.3
			51~60	-6.5	0.1	0.4	1.0	0.5	-0.7	0.9	0.2	0.7	0.6	0.6	0.6	0.6
			61~70	-2.2	-4.7	-3.8	1.5	0.8	0.9	-0.5	0.6	0.5	0.4	0.3	0.3	0.4
			71~80	1.4	2.0	-0.8	-1.3	-2.3	0.9	1.0	0.6	0.5	0.6	0.7	0.6	0.8
	81~90	0.9	1.7	-0.1	2.1	0.2	0.8	0.4	0.7	0.7	0.9	0.9	0.7	0.9		
	L字	0.2	0~10	0.1	0.7	0.8	0.1	0.3	0.3	0.0	-0.4	-0.4	-0.3	-0.2	-0.2	0.0
			11~20	0.1	1.2	4.3	-0.5	0.2	0.5	-0.3	0.3	0.3	0.2	0.1	0.0	0.0
			21~30	-0.2	2.5	-0.9	-0.4	0.6	-0.1	0.7	0.4	0.4	0.5	0.5	0.6	0.6
			31~40	-2.6	6.6	1.9	-0.3	0.1	0.5	0.9	-0.2	0.0	0.1	0.1	0.2	0.3
			41~50	-2.5	3.8	1.8	2.8	-2.2	2.0	-0.6	1.5	1.4	1.2	0.8	0.9	0.7
			51~60	-9.0	0.9	1.5	2.8	1.2	-1.1	2.2	0.5	1.8	1.7	1.5	1.4	1.5
			61~70	-3.5	-6.6	-4.4	3.2	3.1	3.0	-1.0	1.7	1.7	1.4	1.2	1.2	1.3
			71~80	8.6	7.6	-0.7	-1.3	-3.1	3.6	5.2	3.5	2.6	2.4	3.0	2.6	3.0
	81~90	6.4	9.9	6.4	11.7	6.5	7.2	5.2	5.7	6.9	7.3	7.4	6.4	7.5		
	L字_開口	0.2	0~10	0.2	0.6	1.0	0.0	0.3	0.3	0.0	-0.4	-0.3	-0.3	-0.2	-0.2	0.0
			11~20	0.5	0.9	3.9	-0.5	0.4	0.4	-0.2	0.2	0.3	0.2	0.1	0.0	0.0
			21~30	0.9	1.6	1.0	-0.5	0.4	0.0	0.8	0.3	0.4	0.4	0.4	0.5	0.5
			31~40	-2.1	5.1	1.8	-0.4	0.0	0.8	0.6	-0.3	0.0	0.1	0.1	0.1	0.2
			41~50	-1.8	3.2	1.3	2.2	-2.1	1.4	-0.5	1.3	1.1	0.9	0.7	0.8	0.5
			51~60	-7.7	-0.3	0.7	2.3	1.2	-1.2	1.8	0.5	1.3	1.3	1.2	1.1	1.1
61~70			-2.7	-6.1	-4.7	3.1	1.7	2.3	-1.0	1.2	1.2	0.9	0.9	0.8	0.9	
71~80			1.9	5.0	-0.5	-2.1	-3.6	2.3	3.1	1.9	1.7	1.5	1.9	1.7	2.0	
81~90	0.9	4.6	2.7	5.2	0.8	3.1	2.3	2.1	2.8	2.9	2.8	2.8	3.2			

配置	形状	吸音率	入射角度	挿入損失												
				周波数												
				125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1260	1600	2000
隅部	一の字	0.8	0~10	0.4	0.8	-0.7	0.2	-0.4	0.0	-0.3	-0.4	-0.3	-0.2	-0.1	-0.1	0.0
			11~20	0.4	0.5	0.6	-0.4	-0.3	0.3	-0.1	0.2	0.2	0.1	0.0	0.0	0.0
			21~30	0.7	-0.3	-0.7	0.2	0.4	0.2	0.3	0.3	0.4	0.4	0.4	0.5	0.5
			31~40	1.2	1.9	1.4	0.4	0.4	0.7	0.6	0.4	0.5	0.5	0.5	0.5	0.6
			41~50	1.8	1.9	1.4	1.7	0.0	1.6	0.8	1.4	1.2	1.1	1.0	1.0	0.9
			51~60	-2.6	1.2	1.3	1.9	1.7	0.5	1.7	1.3	1.7	1.6	1.7	1.6	1.6
			61~70	1.4	-2.7	-1.4	2.3	2.0	2.3	1.1	2.1	1.9	1.8	1.8	1.8	1.8
			71~80	3.1	2.9	1.2	0.6	0.1	2.4	2.5	2.4	2.4	2.3	2.4	2.4	2.4
	81~90	2.9	2.8	2.0	3.2	2.2	2.5	2.4	2.6	2.6	2.6	2.6	2.6	2.7		
	L字	0.8	0~10	0.6	1.3	-1.9	0.3	-0.7	0.0	-0.7	-0.8	-0.5	-0.5	-0.3	-0.2	0.0
			11~20	0.8	1.2	2.2	-0.7	-0.5	0.5	-0.2	0.4	0.3	0.1	0.1	0.0	-0.1
			21~30	1.6	-0.7	-1.8	0.1	0.7	0.4	0.7	0.7	0.8	0.8	0.9	1.0	1.0
			31~40	2.3	4.5	3.1	0.4	0.9	1.4	1.4	0.9	1.0	1.1	1.0	1.0	1.2
			41~50	4.9	4.5	3.7	4.5	0.1	4.1	1.7	3.3	2.9	2.6	2.3	2.3	2.1
			51~60	-3.9	2.9	3.6	5.5	4.1	1.2	4.5	3.1	4.6	4.4	4.5	4.3	4.4
			61~70	2.9	-4.2	-1.7	6.2	6.6	7.8	2.7	6.5	5.6	5.3	5.1	5.3	5.4
			71~80	15.8	10.2	3.3	1.7	0.7	9.6	11.3	9.9	9.2	9.1	9.9	9.7	9.8
	81~90	12.5	12.0	10.4	14.8	10.5	13.2	11.6	12.2	13.7	14.5	14.6	14.6	16.0		
	L字_開口	0.8	0~10	0.6	1.2	-1.3	0.2	-0.6	0.0	-0.5	-0.6	-0.4	-0.4	-0.3	-0.2	0.0
			11~20	0.8	1.1	2.1	-0.4	-0.3	0.5	-0.2	0.3	0.3	0.1	0.1	0.0	-0.1
			21~30	1.5	-0.4	-0.9	0.2	0.7	0.3	0.7	0.6	0.7	0.7	0.7	0.9	0.9
			31~40	2.1	4.0	3.0	0.8	0.7	1.7	1.2	0.8	0.8	1.0	0.9	0.9	1.0
			41~50	3.5	3.9	3.0	3.4	0.1	3.1	1.6	2.8	2.4	2.2	2.0	2.0	1.7
			51~60	-4.0	2.0	2.5	4.5	3.5	0.9	3.6	2.6	3.6	3.5	3.5	3.4	3.5
61~70			2.4	-4.0	-2.0	5.9	4.3	6.2	2.3	4.6	4.3	4.0	3.9	3.9	4.0	
71~80			7.5	7.4	3.0	1.8	0.5	6.8	6.8	6.0	6.1	6.0	6.2	6.2	6.2	
81~90	6.3	7.0	6.6	8.2	5.3	7.9	6.9	6.7	7.4	7.4	7.3	7.2	7.5			

受音点高さ 1.2m の数値解析における全方向平均の挿入損失を示す。

配置	形状	吸音率	挿入損失												
			周波数												
			125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1260	1600	2000
中央	口の字	0	-4.2	2.3	0.0	2.9	-0.2	1.4	0.2	0.0	0.2	-0.4	-0.1	0.2	0.4
	二の字		-0.8	-1.1	0.1	0.3	-0.1	0.1	0.0	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0
	L字		-0.6	-0.5	0.0	0.4	-0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	コの字		-2.3	0.3	-0.3	1.1	-0.3	0.2	-0.1	-0.1	0.1	0.1	-0.1	0.0	0.0
	口の字_開口		-1.6	1.3	-0.6	1.1	-0.5	0.5	-0.2	0.0	0.2	0.0	-0.2	0.0	0.0
	口の字(大)		-0.4	-1.0	1.0	-1.4	0.8	0.7	0.3	0.0	-0.1	-0.3	0.1	0.2	0.2
	口の字	0.2	3.9	4.3	3.1	5.1	2.5	3.6	3.0	2.8	3.1	3.1	2.9	2.8	2.9
	二の字		0.9	0.0	0.6	1.2	0.4	0.7	0.7	0.6	0.7	0.6	0.6	0.6	0.6
	L字		-0.1	0.0	0.7	1.1	0.4	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6
	コの字		1.7	1.7	1.0	2.6	0.9	1.5	1.3	1.2	1.3	1.3	1.3	1.2	1.3
	口の字_開口		1.8	2.9	2.4	4.3	1.5	2.8	2.3	2.1	2.4	2.4	2.2	2.1	2.2
	口の字(大)		2.3	1.9	1.9	2.5	1.8	1.8	1.7	1.7	1.6	1.6	1.6	1.5	1.6
	口の字	0.8	6.5	5.7	6.1	9.0	4.9	7.2	6.0	6.0	6.1	6.1	6.0	6.0	6.0
	二の字		2.6	1.8	1.9	2.5	1.7	2.2	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9
	L字		1.3	1.3	2.3	2.4	1.6	2.0	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9
	コの字		3.6	3.1	3.7	4.6	3.0	3.8	3.5	3.4	3.4	3.5	3.4	3.4	3.4
	口の字_開口		5.1	4.6	5.4	7.7	4.2	6.0	5.2	5.1	5.1	5.2	5.1	5.1	5.1
	口の字(大)		3.5	2.6	2.7	4.3	3.6	3.3	3.6	3.3	3.4	3.4	3.4	3.4	3.4

配置	形状	吸音率	挿入損失												
			周波数												
			125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1260	1600	2000
壁際	一の字	0	-0.6	-0.2	-0.1	-0.1	-0.1	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1
	二の字		-1.9	0.6	-0.3	0.9	-0.2	0.2	-0.1	-0.1	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0
	L字		-1.6	0.7	-0.3	0.9	-0.2	0.2	0.0	-0.1	0.1	0.1	-0.1	0.0	0.0
	コの字		-4.7	2.8	-0.2	2.6	0.1	1.4	0.4	-0.2	-0.5	-0.8	-0.9	0.1	0.3
	コの字 開口	-1.5	1.8	-0.7	1.1	-0.4	0.5	-0.1	0.0	0.1	0.0	-0.1	0.0	0.0	
	一の字	0.2	0.2	0.1	0.2	0.6	0.2	0.4	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
	二の字		1.3	1.7	0.5	1.9	0.6	1.1	0.9	0.9	1.0	0.9	0.9	0.9	0.9
	L字		1.0	1.4	0.5	1.9	0.5	1.1	0.9	0.8	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9
	コの字		3.3	4.1	2.3	4.2	2.0	3.0	2.4	2.3	2.5	2.6	2.4	2.3	2.4
	コの字 開口	1.2	2.9	1.6	3.4	1.1	2.2	1.8	1.6	1.9	1.8	1.7	1.7	1.8	
	一の字	0.8	1.8	1.0	0.8	1.4	0.9	1.3	1.0	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1
	二の字		2.8	2.8	2.7	3.5	2.3	2.9	2.6	2.6	2.6	2.6	2.6	2.6	2.6
	L字		3.1	2.4	2.3	3.4	2.2	2.8	2.5	2.6	2.6	2.6	2.5	2.5	2.6
	コの字		6.2	5.3	4.7	7.4	4.2	6.0	5.1	5.1	5.2	5.2	5.1	5.1	5.2
	コの字 開口	4.502	4.21	4.077	6.208	3.513	4.911	4.272	4.175	4.252	4.254	4.187	4.19	4.207	

配置	形状	吸音率	挿入損失												
			周波数												
			125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1260	1600	2000
隅部	一の字	0	-1.2	0.8	-0.2	0.7	-0.1	0.2	0.0	-0.1	0.0	0.1	-0.1	0.0	0.0
	L字		-4.2	3.1	0.0	2.4	0.4	1.2	0.6	-0.3	-1.5	-1.6	-0.8	0.1	0.4
	L字 開口		-1.6	2.0	-0.8	0.9	-0.3	0.5	0.1	0.0	0.1	-0.1	-0.1	0.0	0.0
	一の字	0.2	0.3	1.2	0.2	1.1	0.2	0.6	0.5	0.4	0.5	0.5	0.5	0.4	0.5
	L字		2.0	3.8	1.6	3.3	1.5	2.4	1.9	1.7	1.9	1.9	1.8	1.7	1.8
	L字 開口		0.3	2.5	1.0	2.4	0.5	1.6	1.3	1.0	1.2	1.2	1.2	1.1	1.2
	一の字	0.8	2.0	1.8	1.3	2.0	1.2	1.7	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
	L字		5.3	4.7	3.4	5.2	3.3	4.7	4.0	4.0	4.1	4.1	4.0	4.0	4.1
	L字 開口		3.9	3.7	2.8	4.3	2.5	3.9	3.2	3.1	3.2	3.2	3.2	3.1	3.2

赤色：挿入損失<0，水色：0<挿入損失<5.0，青：5.0<挿入損失<10.0，深青：10.0<挿入損失

# 付録 C

吸音位置の数値解析における角度平均および全方向平均の挿入損失を示す

配置	形状	吸音率	吸音場所	入射角度	挿入損失												
					周波数												
					125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1260	1600	2000
中央	口の字	0.2	全面	0~10	1.3	1.3	0.3	0.4	-0.2	-0.6	-1.3	-1.0	-0.4	0.2	0.1	0.2	-0.1
				11~20	2.9	2.4	2.2	2.3	0.8	-0.3	-0.5	-0.2	-0.7	-0.9	-0.8	-0.7	-0.4
				21~30	4.1	4.1	3.8	3.3	1.7	2.3	3.0	1.4	1.6	1.2	1.0	0.8	0.5
				31~40	3.6	4.0	5.9	1.9	2.8	5.0	2.8	3.6	3.4	3.2	2.9	2.7	2.6
				41~50	6.3	3.1	3.2	2.9	2.9	1.9	2.3	1.0	1.1	1.1	1.1	1.2	1.5
				51~60	7.9	6.7	4.1	2.8	2.6	2.2	2.4	2.1	2.1	2.3	2.7	2.4	2.2
				61~70	5.7	1.2	5.3	6.3	2.9	4.4	3.9	4.5	4.3	4.1	4.1	3.8	3.7
				71~80	12.3	5.8	4.6	5.6	4.9	6.6	6.5	6.5	6.5	6.5	6.2	6.2	6.1
				81~90	7.5	3.3	5.7	8.9	7.0	7.8	7.5	9.0	9.0	9.4	9.9	10.4	11.3
			上部	0~10	1.3	1.6	1.0	0.9	-0.1	-0.8	-1.7	-0.9	-0.4	0.2	0.1	0.3	0.0
				11~20	1.5	2.6	2.4	2.0	0.6	-0.4	-0.5	-0.4	-0.7	-0.9	-0.8	-0.8	-0.4
				21~30	-0.2	4.0	3.3	2.9	1.6	2.3	2.7	1.3	1.6	1.2	1.0	0.8	0.4
				31~40	-0.8	2.9	5.3	1.6	2.4	4.3	2.5	3.4	3.2	3.1	2.9	2.8	2.7
				41~50	2.8	2.0	2.1	2.2	2.0	1.2	1.5	0.3	0.6	0.6	0.6	0.9	1.1
				51~60	2.5	5.6	2.9	2.1	1.7	1.5	1.5	1.2	1.1	1.2	1.5	1.4	1.1
				61~70	0.6	0.3	3.6	5.1	1.9	3.3	2.5	3.0	2.7	2.3	2.4	2.1	2.0
				71~80	7.6	5.0	2.8	4.5	3.6	5.1	4.7	4.6	4.4	4.0	3.7	3.6	3.2
				81~90	2.5	2.5	3.4	7.6	5.7	6.3	5.4	6.9	6.8	6.7	6.8	7.5	7.6
			下部	0~10	0.2	0.1	0.0	0.3	0.1	0.1	-0.9	-1.1	-0.5	0.2	0.1	0.2	-0.1
				11~20	1.8	0.8	1.6	2.0	0.5	-0.3	-0.9	0.0	-0.8	-0.9	-0.8	-0.7	-0.4
				21~30	2.3	2.5	2.6	3.0	0.9	1.5	2.6	0.7	1.2	0.7	0.7	0.6	0.4
				31~40	1.6	2.0	4.6	1.3	1.5	4.0	1.8	2.4	2.1	1.8	1.5	1.3	1.2
				41~50	4.3	0.8	1.5	2.0	1.2	0.8	0.7	-0.3	-0.2	-0.2	-0.3	-0.3	0.0
				51~60	6.0	4.5	1.8	1.8	0.6	0.8	0.6	0.3	0.4	0.5	1.0	0.8	0.7
				61~70	4.0	-1.0	3.2	5.0	0.7	2.5	1.7	2.2	2.3	1.9	2.1	1.9	1.7
				71~80	10.5	3.6	2.0	4.3	2.4	4.2	4.0	4.0	4.1	3.9	3.5	3.3	3.1
				81~90	6.0	1.2	3.1	7.5	4.5	5.2	4.8	6.3	6.4	6.5	6.8	6.9	7.8

配置	形状	吸音率	吸音場所	入射角度	挿入損失												
					周波数												
					125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1260	1600	2000
中央	口の字	0.8	全面	0~10	2.8	2.3	-1.0	-1.8	-2.6	-2.8	-2.2	-0.9	-0.2	0.2	0.3	0.1	-0.2
				11~20	4.1	3.5	0.9	0.8	0.4	0.1	-0.4	-1.0	-1.1	-1.1	-1.0	-0.7	-0.4
				21~30	7.2	5.0	4.8	4.0	4.0	3.4	3.1	2.5	2.1	1.7	1.3	1.0	0.6
				31~40	12.2	8.0	8.9	5.3	7.7	7.6	7.1	7.2	7.2	7.1	7.1	7.0	7.0
				41~50	13.8	13.1	7.7	8.1	11.9	7.9	10.5	8.4	8.9	9.3	9.4	9.9	10.4
				51~60	15.0	16.0	9.8	9.0	13.2	9.7	11.9	11.9	11.9	12.2	12.9	12.4	12.1
				61~70	18.9	10.7	10.7	14.2	13.5	13.5	14.9	16.5	15.5	15.8	16.8	16.7	17.2
				71~80	25.8	15.5	11.8	13.9	14.9	16.8	17.4	18.5	17.9	19.3	20.1	21.1	21.8
				81~90	18.1	12.3	12.9	17.2	16.7	18.1	17.8	19.6	20.3	21.2	22.4	23.3	24.2
			上部	0~10	4.3	3.2	1.6	-0.2	-2.4	-3.8	-3.4	-0.8	-0.1	0.1	0.3	0.1	-0.2
				11~20	3.9	4.0	2.7	1.0	0.2	-0.4	-0.3	-1.5	-1.2	-1.1	-0.9	-0.8	-0.5
				21~30	3.7	4.3	4.7	2.4	3.7	4.3	2.2	2.3	1.5	1.4	1.3	0.9	0.5
				31~40	5.0	5.3	7.7	3.2	6.1	5.2	5.5	5.5	6.3	6.3	6.7	6.7	7.0
				41~50	9.4	8.7	6.5	5.2	6.5	4.6	5.8	4.1	4.4	4.7	5.0	5.7	5.8
				51~60	8.1	10.8	8.2	6.4	7.5	6.4	6.9	6.7	6.1	5.7	5.4	5.1	4.1
				61~70	6.7	6.6	9.5	10.2	8.5	9.6	9.3	10.2	8.7	8.8	8.4	8.3	7.7
				71~80	14.1	12.1	9.8	9.4	10.4	12.3	11.7	12.3	11.6	12.0	12.1	12.9	12.3
				81~90	8.6	8.7	11.1	12.2	12.5	13.8	12.1	14.5	14.5	14.8	15.6	16.5	15.7
			下部	0~10	-0.8	-1.2	-2.6	-1.9	-1.0	1.0	0.4	-1.1	-0.7	0.1	0.2	0.1	-0.1
				11~20	0.9	-0.1	-0.1	1.7	0.8	-0.3	-0.9	0.2	-0.8	-1.0	-0.9	-0.6	-0.4
				21~30	4.2	2.1	3.9	4.0	1.0	0.8	2.5	0.6	1.1	0.5	0.4	0.5	0.5
				31~40	6.4	5.1	6.4	2.4	2.3	5.2	2.1	2.7	1.9	1.4	1.0	0.7	0.6
				41~50	7.8	4.8	3.4	3.7	3.7	2.8	2.7	1.4	1.4	1.2	0.9	0.8	0.8
				51~60	12.3	8.3	4.5	4.1	4.2	3.0	3.2	3.1	3.4	3.9	4.5	4.5	4.4
				61~70	12.6	2.2	5.7	8.1	4.5	5.8	5.4	6.8	7.6	8.0	8.5	8.9	8.8
				71~80	17.6	6.6	5.7	7.8	6.2	8.5	8.5	9.9	10.5	11.5	11.9	12.6	12.6
				81~90	14.0	4.0	6.9	11.1	8.4	10.0	10.0	11.8	12.7	13.9	14.5	15.2	16.4

配置	形状	吸音率	吸音場所	入射角度	挿入損失												
					周波数												
					125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1260	1600	2000
壁際	コの字	0.2	全面	0~10	1.1	1.0	0.4	0.5	0.0	-0.3	-1.0	-0.8	-0.3	0.2	0.1	0.2	-0.1
				11~20	2.4	1.9	2.3	2.1	0.6	-0.4	-0.4	-0.2	-0.6	-0.7	-0.6	-0.5	-0.3
				21~30	2.8	4.3	2.5	2.2	1.3	1.4	2.3	0.9	1.1	0.8	0.7	0.6	0.3
				31~40	2.0	3.0	4.0	1.4	1.7	3.5	2.0	2.5	2.4	2.2	2.0	1.9	1.8
				41~50	4.0	1.6	2.6	2.3	1.9	1.5	1.5	0.7	0.8	0.9	0.8	0.9	1.1
				51~60	6.2	4.6	3.0	1.7	2.1	1.6	1.7	1.4	1.5	1.6	1.9	1.8	1.6
				61~70	3.6	1.0	4.3	4.8	2.5	3.4	3.0	3.5	3.2	3.1	3.0	2.9	2.7
				71~80	9.8	5.6	2.9	5.5	4.3	5.8	5.4	5.3	5.3	5.1	5.0	4.8	4.7
				81~90	5.9	3.6	4.3	9.1	6.5	7.2	6.9	8.3	8.4	8.6	9.0	9.4	10.2
			上部	0~10	1.2	1.2	0.9	0.8	0.1	-0.5	-1.3	-0.7	-0.2	0.2	0.1	0.2	0.0
				11~20	1.1	2.1	2.5	1.9	0.4	-0.4	-0.4	-0.3	-0.6	-0.8	-0.6	-0.6	-0.3
				21~30	-0.7	4.3	2.3	2.1	1.3	1.4	2.1	0.8	1.1	0.8	0.7	0.5	0.3
				31~40	-1.9	2.1	3.7	1.4	1.5	3.0	1.8	2.3	2.3	2.2	2.0	2.0	1.9
				41~50	0.4	0.9	1.8	1.8	1.3	1.1	1.0	0.2	0.4	0.4	0.4	0.7	0.8
				51~60	1.4	3.8	1.7	1.0	1.4	0.9	1.0	0.7	0.8	0.8	1.0	1.0	0.8
				61~70	-0.9	0.3	2.6	3.8	1.5	2.4	1.8	2.3	1.9	1.6	1.7	1.5	1.4
				71~80	5.6	5.1	1.1	4.5	3.0	4.5	3.9	3.7	3.5	2.9	2.9	2.6	2.4
				81~90	1.5	3.0	2.0	8.1	5.2	5.9	5.1	6.4	6.3	6.0	6.2	6.8	6.8
			下部	0~10	0.3	0.1	0.2	0.4	0.2	0.2	-0.8	-0.9	-0.4	0.1	0.1	0.1	0.0
				11~20	1.5	1.0	2.2	2.0	0.4	-0.3	-0.6	0.0	-0.7	-0.8	-0.6	-0.6	-0.3
				21~30	1.3	3.4	1.8	2.0	0.8	0.8	2.0	0.5	0.8	0.5	0.5	0.4	0.3
				31~40	0.4	1.6	3.1	1.1	0.8	2.8	1.2	1.7	1.5	1.4	1.1	1.0	0.9
				41~50	2.2	0.2	1.4	1.6	0.7	0.6	0.4	-0.3	-0.2	-0.2	-0.3	-0.2	0.0
				51~60	4.5	3.2	1.1	0.8	0.6	0.4	0.4	0.1	0.3	0.3	0.7	0.6	0.5
				61~70	2.1	-0.4	2.5	3.6	0.6	1.8	1.2	1.7	1.7	1.4	1.5	1.4	1.2
				71~80	8.3	4.2	0.8	4.3	1.8	3.6	3.3	3.1	3.2	2.8	2.7	2.3	2.3
				81~90	4.6	2.2	2.2	7.9	4.1	4.7	4.5	5.8	6.0	6.1	6.3	6.3	7.0

配置	形状	吸音率	吸音場所	入射角度	挿入損失												
					周波数												
					125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1260	1600	2000
壁際	コの字	0.8	全面	0~10	2.5	1.9	-0.7	-1.1	-1.6	-1.9	-1.6	-0.7	-0.1	0.1	0.3	0.1	-0.2
				11~20	3.5	2.6	1.2	1.1	0.3	-0.4	-0.4	-0.7	-0.9	-0.9	-0.7	-0.6	-0.3
				21~30	5.7	3.9	3.1	2.2	2.4	2.3	2.2	1.5	1.4	1.1	0.9	0.7	0.4
				31~40	8.7	6.3	5.6	3.0	4.4	4.6	4.1	4.4	4.3	4.2	4.1	4.1	4.0
				41~50	12.2	8.4	5.6	5.7	7.4	5.2	6.1	5.0	5.2	5.5	5.5	5.7	5.9
				51~60	16.0	12.0	8.2	7.1	8.9	7.7	8.7	8.3	8.2	8.1	8.3	8.0	7.7
				61~70	15.9	8.3	9.3	11.9	10.7	11.0	12.0	12.4	12.0	12.3	12.5	12.4	12.6
				71~80	22.2	13.1	10.7	12.2	13.4	14.2	14.9	15.5	15.6	16.1	17.0	17.5	17.8
				81~90	16.8	10.8	11.6	15.8	15.6	16.1	16.1	18.3	18.6	19.5	20.4	21.3	22.3
			上部	0~10	4.0	2.9	1.2	0.1	-1.5	-2.6	-2.5	-0.6	0.0	0.1	0.2	0.1	-0.2
				11~20	4.2	3.5	2.5	0.7	0.0	-0.8	-0.4	-1.1	-0.9	-0.9	-0.7	-0.6	-0.3
				21~30	4.0	4.1	3.3	1.3	2.3	2.7	1.5	1.4	1.0	1.0	0.9	0.6	0.3
				31~40	2.8	4.3	5.5	2.3	3.7	3.3	3.5	3.4	3.8	3.9	3.9	3.9	3.9
				41~50	5.6	5.4	4.9	4.2	4.4	3.6	3.6	2.9	3.0	3.3	3.6	4.0	4.0
				51~60	6.1	8.4	6.5	4.7	5.5	4.8	4.8	4.5	4.2	4.0	3.8	3.7	3.0
				61~70	4.5	5.3	7.7	8.1	6.7	7.3	6.9	7.2	6.1	5.9	5.6	5.5	5.0
				71~80	11.5	10.5	7.6	8.4	8.9	10.3	9.7	9.9	9.8	9.6	9.9	10.2	9.5
				81~90	7.2	8.0	8.7	11.8	11.3	12.3	11.0	13.0	13.1	13.5	14.0	15.3	14.7
			下部	0~10	-0.4	-1.0	-1.7	-1.1	-0.5	0.7	0.1	-0.9	-0.6	0.1	0.1	0.1	-0.1
				11~20	1.1	0.0	1.0	2.0	0.7	-0.3	-0.6	0.2	-0.6	-0.8	-0.6	-0.5	-0.3
				21~30	3.4	2.5	2.6	2.4	0.7	0.5	1.9	0.4	0.8	0.3	0.2	0.3	0.3
				31~40	4.9	4.2	3.8	1.5	1.2	3.6	1.2	1.8	1.4	1.0	0.7	0.5	0.5
				41~50	7.1	2.9	2.5	3.2	2.4	1.9	1.9	0.9	0.9	0.8	0.6	0.5	0.5
				51~60	12.2	5.7	4.0	3.1	3.2	2.6	2.5	2.3	2.6	2.8	3.2	3.1	3.0
				61~70	9.9	1.9	5.2	6.7	3.8	4.8	4.4	5.4	5.7	5.9	5.8	5.9	5.7
				71~80	15.2	6.5	4.4	7.3	5.7	7.5	7.4	7.9	8.2	8.5	8.9	9.4	9.4
				81~90	11.9	4.5	5.7	11.0	7.9	9.1	9.3	10.9	11.4	12.5	13.1	13.6	14.7

配置	形状	吸音率	吸音場所	入射角度	挿入損失												
					周波数												
					125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1260	1600	2000
隅部	L字	0.2	全面	0~10	0.9	0.7	0.5	0.5	0.2	-0.1	-0.7	-0.6	-0.2	0.1	0.1	0.1	0.0
				11~20	1.6	1.1	2.5	1.6	0.3	-0.3	-0.3	-0.1	-0.4	-0.5	-0.4	-0.4	-0.2
				21~30	0.0	2.8	1.0	1.5	0.9	0.7	1.4	0.5	0.7	0.5	0.4	0.3	0.2
				31~40	-2.1	2.1	2.4	0.9	0.8	1.9	1.2	1.5	1.5	1.4	1.3	1.2	1.1
				41~50	0.6	0.5	1.6	1.5	1.1	0.9	0.9	0.3	0.5	0.5	0.5	0.6	0.7
				51~60	4.5	2.7	1.5	0.6	1.4	0.8	1.0	0.9	1.0	0.9	1.2	1.1	1.0
				61~70	1.7	0.5	3.1	3.1	1.5	2.3	2.0	2.3	2.1	2.0	2.0	1.9	1.7
				71~80	7.4	5.3	1.7	5.5	3.5	4.7	4.1	3.6	3.7	3.4	3.4	3.1	3.1
				81~90	4.3	4.1	3.6	9.6	6.3	6.5	6.2	7.3	7.7	7.6	7.8	7.8	8.3
			上部	0~10	1.0	0.9	0.7	0.7	0.3	-0.2	-0.8	-0.6	-0.2	0.1	0.0	0.1	0.0
				11~20	0.6	1.2	2.5	1.5	0.1	-0.4	-0.4	-0.2	-0.5	-0.6	-0.5	-0.4	-0.2
				21~30	-2.2	2.4	1.1	1.5	1.0	0.7	1.3	0.5	0.8	0.5	0.4	0.3	0.2
				31~40	-6.0	1.7	2.2	0.9	0.9	1.6	1.2	1.4	1.5	1.4	1.2	1.2	1.2
				41~50	-2.7	0.1	1.2	1.2	1.0	0.7	0.6	0.1	0.2	0.3	0.2	0.4	0.5
				51~60	0.7	2.4	0.4	0.1	0.8	0.4	0.6	0.4	0.5	0.4	0.6	0.7	0.5
				61~70	-1.9	0.1	1.7	2.4	0.8	1.4	1.2	1.4	1.1	0.9	0.9	0.9	0.8
				71~80	4.1	4.9	0.1	4.8	2.5	3.6	3.0	2.3	2.1	1.5	1.8	1.6	1.5
				81~90	0.7	3.7	1.8	8.8	5.2	5.4	5.0	5.6	5.5	5.0	4.9	5.7	5.4
			下部	0~10	0.4	0.2	0.4	0.4	0.3	0.2	-0.4	-0.7	-0.2	0.1	0.0	0.1	0.0
				11~20	1.0	0.7	2.5	1.5	0.3	-0.3	-0.5	0.0	-0.5	-0.6	-0.5	-0.4	-0.2
				21~30	-1.3	2.4	0.7	1.4	0.6	0.3	1.2	0.3	0.5	0.3	0.3	0.2	0.2
				31~40	-3.3	1.7	1.9	0.7	0.3	1.5	0.7	1.0	1.0	0.9	0.7	0.6	0.6
				41~50	-1.1	-0.2	0.9	1.1	0.5	0.3	0.3	-0.3	-0.2	-0.1	-0.3	-0.2	-0.1
				51~60	3.3	1.9	0.3	-0.1	0.5	0.0	0.1	0.0	0.2	0.1	0.5	0.4	0.3
				61~70	0.5	-0.3	1.7	2.1	0.2	1.1	0.9	1.1	1.1	0.9	1.0	1.0	0.8
				71~80	6.2	4.5	0.2	4.5	1.7	2.8	2.5	1.9	2.0	1.6	1.7	1.3	1.4
				81~90	3.1	3.3	2.2	8.6	4.5	4.3	4.6	5.2	5.6	5.5	5.7	5.3	5.8

配置	形状	吸音率	吸音場所	入射角度	挿入損失												
					周波数												
					125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1260	1600	2000
隅部	L字	0.8	全面	0~10	2.2	1.5	-0.3	-0.4	-0.7	-1.1	-1.3	-0.5	-0.1	0.1	0.2	0.1	-0.1
				11~20	2.8	1.6	1.6	0.2	-0.4	-0.5	-0.3	-0.5	-0.6	-0.7	-0.5	-0.4	-0.2
				21~30	0.4	-0.5	-0.1	1.3	1.8	1.3	1.3	0.9	0.8	0.6	0.5	0.4	0.3
				31~40	-0.2	2.6	3.5	1.5	1.9	2.4	2.3	2.6	2.4	2.3	2.3	2.3	2.3
				41~50	11.7	4.4	3.7	3.1	2.9	2.9	2.9	2.3	2.6	2.8	2.9	3.0	3.1
				51~60	15.6	7.6	6.0	4.1	6.0	4.7	5.3	4.9	4.6	4.5	4.4	4.2	4.1
				61~70	11.1	5.2	8.2	8.8	8.1	8.4	8.6	8.8	8.4	8.6	8.5	8.4	8.4
				71~80	16.9	10.2	9.1	10.5	11.0	11.9	12.0	12.1	12.4	12.7	13.3	13.6	13.7
				81~90	13.2	8.8	10.4	14.5	13.9	13.9	14.2	16.3	16.7	17.5	18.2	18.8	20.2
			上部	0~10	3.0	2.3	0.9	0.4	-0.6	-1.5	-2.0	-0.4	-0.1	0.1	0.1	0.1	-0.1
				11~20	3.2	2.0	2.1	-0.3	-0.9	-0.8	-0.3	-0.8	-0.6	-0.7	-0.5	-0.4	-0.2
				21~30	0.2	0.0	0.9	0.7	1.7	1.6	0.8	0.8	0.6	0.6	0.5	0.4	0.2
				31~40	-6.1	1.5	3.2	1.5	1.8	1.7	2.1	2.0	2.1	2.2	2.2	2.2	2.2
				41~50	1.0	2.7	2.7	2.5	2.1	2.3	1.8	1.6	1.7	1.9	2.1	2.3	2.3
				51~60	4.0	5.6	2.9	2.4	3.2	2.5	2.9	2.4	2.4	2.4	2.2	2.2	1.9
				61~70	2.5	3.4	4.8	5.5	4.4	4.5	4.1	4.0	3.2	2.9	2.7	2.7	2.6
				71~80	9.0	8.5	4.8	7.5	6.8	8.0	7.1	6.7	7.0	6.6	6.7	6.9	6.4
				81~90	5.5	6.9	6.4	11.4	9.6	10.6	9.4	11.0	11.4	11.6	11.9	12.9	12.9
			下部	0~10	-0.2	-0.6	-0.7	-0.5	-0.1	0.3	0.1	-0.8	-0.4	0.0	0.1	0.1	0.0
				11~20	1.3	0.2	2.3	1.3	0.6	-0.3	-0.4	0.1	-0.5	-0.6	-0.4	-0.4	-0.2
				21~30	-0.2	1.9	0.2	1.7	0.3	0.2	1.3	0.1	0.5	0.1	0.1	0.2	0.2
				31~40	0.9	2.7	2.3	0.8	0.2	2.1	0.6	1.1	0.9	0.6	0.4	0.3	0.3
				41~50	4.9	1.5	1.6	2.1	0.9	1.0	1.0	0.2	0.4	0.4	0.3	0.2	0.3
				51~60	10.1	3.4	2.7	1.7	2.6	1.8	1.6	1.5	1.7	1.7	2.0	1.9	1.8
				61~70	7.1	1.1	4.3	5.0	2.7	3.9	3.3	3.8	3.8	3.7	3.6	3.5	3.3
				71~80	12.1	5.9	3.4	7.0	4.6	6.1	5.8	5.6	5.8	5.8	5.9	6.1	6.1
				81~90	9.4	4.8	5.2	10.9	7.5	7.8	8.6	9.4	10.1	10.8	11.4	11.6	12.9

配置	形状	吸音率	吸音場所	挿入損失												
				周波数												
				125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1260	1600	2000
中央	口の字	0.2	全面	6.2	3.5	4.4	4.2	3.3	3.7	3.5	3.3	3.3	3.3	3.3	3.2	3.2
			上部	1.9	2.7	3.1	3.5	2.5	2.9	2.6	2.5	2.4	2.3	2.3	2.3	2.2
			下部	4.4	1.5	2.4	3.3	1.6	2.3	1.9	1.9	1.9	1.8	1.8	1.7	1.7
		0.8	全面	12.2	9.7	7.9	7.6	8.4	7.6	7.9	7.7	7.6	7.6	7.6	7.6	7.6
			上部	7.3	7.5	7.6	5.9	6.5	6.0	5.9	5.8	5.7	5.7	5.8	5.8	5.5
			下部	8.1	3.9	4.5	5.0	4.0	4.3	4.1	4.0	4.0	3.9	3.9	3.9	3.9

配置	形状	吸音率	吸音場所	挿入損失												
				周波数												
				125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1260	1600	2000
壁際	コの字	0.2	全面	4.6	3.0	3.2	3.5	2.7	3.0	2.8	2.7	2.7	2.6	2.7	2.6	2.6
			上部	0.9	2.4	2.0	3.0	2.0	2.4	2.1	2.0	2.0	1.8	1.9	1.8	1.8
			下部	3.2	1.6	1.7	2.8	1.2	1.9	1.6	1.5	1.6	1.5	1.5	1.4	1.4
		0.8	全面	10.6	8.2	6.5	6.2	6.8	6.3	6.5	6.3	6.2	6.2	6.3	6.2	6.2
			上部	5.8	6.4	5.9	4.9	5.2	4.9	4.7	4.6	4.5	4.5	4.6	4.6	4.3
			下部	7.2	3.5	3.6	4.2	3.2	3.7	3.4	3.3	3.3	3.3	3.3	3.3	3.3

配置	形状	吸音率	吸音場所	挿入損失												
				周波数												
				125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1260	1600	2000
隅部	L字	0.2	全面	3.0	2.2	2.0	2.7	2.0	2.3	2.1	2.0	2.1	2.0	2.0	1.9	1.9
			上部	-0.1	1.9	1.1	2.4	1.5	1.8	1.6	1.4	1.4	1.2	1.3	1.3	1.3
			下部	1.8	1.5	1.1	2.2	1.0	1.4	1.3	1.1	1.2	1.1	1.2	1.1	1.1
		0.8	全面	8.3	5.7	5.0	4.4	5.0	4.8	4.9	4.7	4.7	4.7	4.7	4.7	4.7
			上部	3.5	4.5	3.5	3.6	3.6	3.6	3.4	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	3.1
			下部	5.8	2.7	2.7	3.3	2.4	2.9	2.6	2.5	2.6	2.5	2.6	2.5	2.5

赤色：挿入損失<0，水色：0<挿入損失<5.0，青：5.0<挿入損失<10.0，深青：10.0<挿入損失

## 付録 D

実測の挿入損失の結果を示す。

測定点高さ 0.0m

配置	形状	吸音	挿入損失												
			周波数												
			125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1260	1600	2000
中央	二の字	なし	2.5	-0.8	-2.2	-1.5	-0.4	1.8	1.8	0.9	1.5	3.6	3.4	4.5	3.8
	L字		1.8	-0.7	-1.1	-0.9	-2.5	-0.4	2.6	0.2	-0.1	-0.4	-0.8	-2.2	-1.1
	コの字		2.5	-0.2	-2.2	-2.5	-1.8	0.2	3.4	1.3	2.4	3.0	2.2	2.7	1.2
	口の字_開口		3.7	1.0	-1.5	-2.7	-1.3	1.2	3.7	1.5	2.5	4.0	3.2	4.7	3.6
	二の字	あり	2.5	1.8	-0.1	2.3	3.4	4.0	4.0	2.9	5.9	7.4	7.2	8.7	6.3
	L字		2.0	0.9	0.3	0.4	-0.2	1.3	4.0	2.5	1.3	1.9	1.6	0.7	1.6
	コの字		4.4	2.7	1.4	3.0	3.4	4.9	8.5	7.3	7.4	8.5	8.9	9.2	7.7
	口の字_開口		6.8	6.0	3.9	5.9	6.0	6.8	11.6	10.2	10.8	11.1	10.6	11.2	9.5

配置	形状	吸音	挿入損失												
			周波数												
			125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1260	1600	2000
壁際	一の字	なし	0.4	0.2	0.4	-0.4	-0.7	0.6	0.4	0.4	0.3	-0.5	-0.8	0.4	-0.1
	二の字		2.5	0.8	2.2	-1.6	-0.7	-0.6	0.9	1.8	1.5	1.1	1.9	2.2	3.2
	コの字_開口		2.2	0.8	1.8	-1.3	-1.2	-1.5	1.0	1.1	2.1	2.1	3.7	4.4	4.1
	一の字	あり	1.1	0.9	0.5	0.3	0.8	1.3	1.1	0.7	1.3	-0.1	-1.3	-0.3	0.4
	二の字		3.4	1.3	3.1	1.5	3.1	3.3	3.5	5.5	5.1	6.0	8.2	8.3	7.4
	コの字_開口		3.7	2.3	4.7	4.6	5.8	5.1	7.1	8.8	9.6	10.8	12.4	12.2	10.7

配置	形状	吸音	挿入損失												
			周波数												
			125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1260	1600	2000
隅部	一の字	なし	0.8	1.0	-0.7	-0.1	0.4	0.0	1.0	0.2	0.3	0.8	0.1	0.5	0.4
	L字_開口		1.9	0.0	0.1	0.3	-0.2	2.1	1.1	1.6	2.8	2.5	2.0	3.8	3.3
	一の字	あり	2.1	3.0	0.4	1.7	2.1	2.4	2.5	2.5	2.8	1.4	2.0	2.1	2.7
	L字_開口		3.5	2.9	2.7	3.4	3.7	6.8	6.6	6.6	7.3	7.6	7.8	8.1	7.1

測定点高さ 1.2m

配置	形状	吸音	挿入損失												
			周波数												
			125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1260	1600	2000
中央	二の字	なし	1.8	0.5	-2.2	-3.6	-1.1	0.4	0.2	0.0	1.5	1.1	1.6	3.0	0.8
	L字		1.0	-1.0	-1.2	-2.6	-1.3	-0.5	0.1	0.6	-0.6	-2.3	-1.5	-2.0	-1.1
	コの字		1.5	1.1	-1.0	-3.6	-2.1	-0.2	2.0	1.4	0.3	0.4	0.6	1.3	1.8
	口の字_開口		1.4	1.7	-0.5	-3.3	-1.2	-1.4	0.5	2.1	1.5	2.3	2.1	3.6	1.3
	二の字	あり	3.7	2.8	0.2	1.0	2.3	2.3	3.4	4.0	3.8	5.4	4.8	6.6	4.3
	L字		0.6	-0.4	1.7	-0.2	0.1	1.3	2.8	3.2	1.8	-0.1	1.4	2.2	2.1
	コの字		5.8	3.7	2.7	1.5	2.8	4.0	6.6	6.0	6.7	7.3	6.9	8.6	6.3
	口の字_開口		6.2	5.4	5.7	4.7	4.7	6.4	9.4	8.4	8.6	9.0	8.7	10.2	8.7

配置	形状	吸音	挿入損失												
			周波数												
			125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1260	1600	2000
壁際	一の字	なし	-0.5	0.5	0.7	0.8	-0.2	-0.5	0.8	0.3	-0.8	-1.0	-1.3	-0.3	0.2
	二の字		1.8	0.7	0.4	-0.3	-1.8	-1.0	1.0	0.4	0.4	0.4	1.4	-0.5	0.6
	コの字_開口		1.0	1.9	2.3	0.5	-2.6	0.2	0.8	1.1	1.3	2.2	2.5	2.0	1.1
	一の字	あり	-0.3	0.9	0.8	1.2	1.2	0.9	1.7	1.6	0.2	-0.7	-1.4	-1.4	0.4
	二の字		1.5	2.4	2.4	3.8	3.3	3.1	4.8	5.7	6.0	6.8	8.8	7.8	5.8
	コの字_開口		2.1	3.9	5.7	5.5	5.0	5.6	7.0	8.3	8.3	8.9	10.8	10.1	7.8

配置	形状	吸音	挿入損失												
			周波数												
			125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1260	1600	2000
隅部	一の字	なし	0.5	1.7	1.2	0.5	-0.5	1.1	3.6	2.2	1.4	2.8	1.5	3.4	1.5
	L字_開口		0.1	0.4	0.9	0.1	0.6	1.5	1.4	1.8	0.8	0.5	0.6	1.1	-0.5
	一の字	あり	1.2	1.7	1.4	1.4	1.4	2.5	2.5	3.0	2.2	1.0	1.2	1.4	0.7
	L字_開口		2.4	3.8	2.3	3.7	1.8	6.6	6.6	7.4	6.3	7.2	6.3	7.7	6.0

赤色：挿入損失<0，水色：0<挿入損失<5.0，青：5.0<挿入損失<10.0，深青：10.0<挿入損失